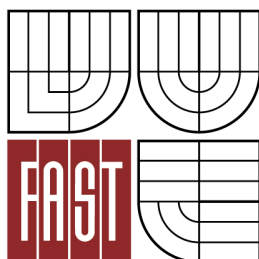




BUDOV

FACULTY OF CIVIL  
2 INSTITUTE OF

VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ  
BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



FAKULTA STAVEBNÍ  
ÚSTAV TECHNICKÝCH ZAŘÍZENÍ

ENGINEERING  
BUILDING SERVICES

## VYTÁPĚNÍ HISTORICKÉHO OBJEKTU ALTERNATIVNÍMI PALIVY

*HEATING HISTORIC BUILDING ALTERNATIVE FUELS*

*DIPLOMOVÁ PRÁCE*

*MASTER'S THESIS*

*AUTOR PRÁCE*  
AUTHOR

*BC. JAN LAMPA*

*VEDOUCÍ PRÁCE*  
SUPERVISOR

*Ing. IVAN VALIŠ*

BRNO 2014



# VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ FAKULTA STAVEBNÍ

<b>Studijní program</b>	N3607 Stavební inženýrství
<b>Typ studijního programu</b>	Navazující magisterský studijní program s prezenční formou studia
<b>Studijní obor</b>	3608T001 Pozemní stavby
<b>Pracoviště</b>	Ústav technických zařízení budov

## ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

<b>Diplomant</b>	Bc. Jan Lampa
<b>Název</b>	Vytápění historického objektu alternativními palivy
<b>Vedoucí diplomové práce</b>	Ing. Ivan Vališ
<b>Datum zadání diplomové práce</b>	31. 3. 2013
<b>Datum odevzdání diplomové práce</b>	17. 1. 2014
V Brně dne 31. 3. 2013	

.....  
doc. Ing. Jiří Hirš, CSc.  
Vedoucí ústavu

.....  
prof. Ing. Rostislav Drochytka, CSc., MBA  
Děkan Fakulty stavební VUT

**Podklady a literatura**

1. Stavební dokumentace zadané budovy
2. Aktuální legislativa ČR
3. České i zahraniční technické normy
4. Odborná literatura
5. Zdroje na internetu

**Zásady pro vypracování****A. Analýza tématu, cíle a metody řešení**

Analýza zadaného tématu, normové a legislativní podklady

Cíl práce, zvolené metody řešení

Aktuální technická řešení v praxi

Teoretické řešení (s využitím fyzikální podstaty dějů)

Řešení využívající výpočetní techniku a modelování

**B. Aplikace tématu na zadané budově - koncepční řešení**

Návrh technického řešení v zadané specializaci (včetně doložených výpočtů) v rozpracovanosti rozšířeného projektu pro stavební povolení: půdorysy v měřítku 1:100, stručná technická zpráva

Ideové řešení navazujících profesí TZB (ZTI, UT, VZT) v zadané budově

Hodnocení navržených variant řešení z hlediska vnitřního prostředí, uživatelského komfortu, prostorových nároků, ekonomiky provozu, dopadu na životní prostředí apod.;

**C. Technické řešení vybrané varianty**

-práce bude zpracována v souladu s platnými předpisy (zákony a vyhláškami, normami) pro navrhování zařízení techniky staveb

**Předeepsané přílohy**

.....  
Ing. Ivan Vališ  
Vedoucí diplomové práce

Poděkování:

Děkuji za konzultaci a vedení při zpracování diplomové práce  
panu Ing. Ivanu Vališovi.

Bc. Jan Lampa

**Abstrakt**

Úvod teoretické části se zabývá problematikou paliv. Jsou zde uvedeny základní typy paliv, jejich vlastnosti a výhřevnosti. V další části je uveden přehled typů kotlů podle paliva. Je zde rozebrán proces spalování v jednotlivých typech. Následuje rozebrání základní problematiky prostupu tepla, tepelných ztrát a návrhem jednotlivých prvků soustavy ústředního vytápění.

Ve druhé části jsou porovnávány 2 studie. V první je jako zdroj tepla použit automatický kotel na peletky a v druhé variantě je využita technologie tepelného čerpadla, typ vzduch voda. Nakonec jsou obě varianty zhodnoceny a vybrána ta lepší pro tento typ objektu.

V poslední části je proveden návrh lepší z variant, do prováděcí projektové dokumentace. Jsou spočítány důležité hodnoty pro návrh a bezproblémové užívání systému ústředního vytápění a přípravy teplé vody.

**Klíčová slova**

solární systém, automatický kotel, potrubí, článkové otopné těleso, tepelné čerpadlo, teplá voda

**Abstract**

The introduction of theoretical part deals with issue of fuel. There are basic kinds of fuels, their properties and calorific values. In next part a summary of types of boilers depending on the kind of fuel is described. A process of burning in each type is discussed. Then the basic issue of heat transmission, heat losses and design of individual elements of central heating system is described.

In the second part there are two studies compared to each other. In the first one an automatic pellet boiler is used as a source of energy and in the second one it's a heat pump, type air-water. At the end both of the variants are reviewed and the better option is chosen.

In the last part the better option is designed, into detailed design documentation. Important design values for using the heating system and hot water service are calculated.

**Keywords**

voda solar system, automatic boiler, pipeline, radiator, hot water, heat pump,

...

**Bibliografická citace VŠKP**

Bc. Jan Lampa *Vytápění historického objektu alternativními palivy*. Brno, 2014. 122 s., 8 s. příl. Diplomová práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební, Ústav technických zařízení budov. Vedoucí práce Ing. Ivan Vališ.

**Prohlášení:**

Prohlašuji, že jsem diplomovou práci zpracoval(a) samostatně a že jsem uvedl(a) všechny použité informační zdroje.

V Brně dne 8.1.2014

.....  
podpis autora  
Bc. Jan Lampa

## **PROHLÁŠENÍ O SHODĚ LISTINNÉ A ELEKTRONICKÉ FORMY VŠKP**

### **Prohlášení:**

Prohlašuji, že elektronická forma odevzdané diplomové práce je shodná s odevzdanou listinnou formou.

V Brně dne 8.1.2014

.....  
podpis autora  
Bc. Jan Lampa



**OBSAH**

<b>ÚVOD .....</b>	<b>12</b>
<b>A – ANALÝZA TÉMATU, CÍLE A METODY ŘEŠENÍ.....</b>	<b>13</b>
A.1 ANALÝZA ZADANÉHO TÉMATU.....	14
A.1.1 Analýza zadaného tématu .....	14
A.1.2 Normové a legislativní požadavky .....	15
A.2 CÍL PRÁCE, ZVOLENÉ METODY ŘEŠENÍ.....	15
A.2.1 Cíl práce .....	15
A.2.2 Zvolené metody řešení.....	15
A.3 AKTUÁLNÍ TECHNICKÁ ŘEŠENÍ V PRAXI .....	16
A.3.1 Úvod ke kotlům.....	16
A.3.2 Paliva .....	17
A.3.3 Základy spalování.....	28
A.3.4 Ztráty kotle.....	28
A.3.5 Roštové kotle .....	29
A.3.4 Kotle fluidní.....	39
A.3.4 Kotle práškové .....	43
A.3.4 Kotle na spalování kapalných a plyných paliv .....	48
A.4 TEORETICKÉ ŘEŠENÍ (S VYUŽITÍM FYZIKÁLNÍ PODSTATY DĚJŮ)....	50
A.4.1 Součinitel prostupu tepla .....	50
A.4.2 Přesný výpočet tepelných ztrát .....	51
A.4.3 Výpočet skutečného výkonu otopného tělesa .....	53
A.4.4 Dimenzování a hydraulické posouzení potrubí .....	54
A.4.5 Dimenzování zdroje tepla .....	54
A.4.6 Dimenzování oběhového čerpadla.....	54
A.4.7 Dimenzování pojistného zařízení .....	55
A.4 ŘEŠENÍ VYUŽÍVAJÍCÍ VÝPOČETNÍ TECHNIKU.....	55
<b>B – APLIKACE TÉMATU – KONCEPČNÍ ŘEŠENÍ.....</b>	<b>56</b>
B.1 NÁVRH TECHNICKÉHO ŘEŠENÍ .....	57

B.1.1 Návrh 1.varianty – Automatický kotel na peletky .....	57
B.1.2 Návrh 2.varianty – tepelné čerpadlo vzduch - voda .....	58
B.2 IDEOVÉ ŘEŠENÍ NAVAŽUJÍCÍCH PROFESÍ TZB .....	59
B.3 HODNOCENÍ NAVRŽENÝCH VARIANT .....	59
B.3.1 Z hlediska vnitřního prostředí.....	59
B.3.2 Z hlediska uživatelského komfortu .....	59
B.3.3 Z hlediska prostorových nároků .....	59
B.3.4 Z hlediska ekonomiky provozu .....	60
B.3.5 Z hlediska dopadu na životní prostředí.....	60
B.4 KONEČNÉ HODNOCENÍ.....	60
<b>C – TECHNICKÉ ŘEŠENÍ VYBRANÉ VARIANTY .....</b>	<b>62</b>
C.1 VÝPOČET TEPELNÉHO VÝKONU.....	63
C.1.1 Výpočet součinitele prostupu tepla konstrukcemi.....	63
C.1.2 Energetický štítek obálky budovy.....	66
C.1.3 Energetický štítek obálky budovy – výpočet dle možností změny obvodového pláště. .....	68
C.1.4 Výpočet tepelných ztrát místností.....	71
C.2 NÁVRH OTOPNÝCH TĚLES .....	73
C.3 NÁVRH ZDROJE TEPLA.....	75
C.4 DIMENZOVÁNÍ POTRUBÍ, NÁVRH OBĚHOVÝCH ČERPADEL .....	79
C. 5 PŘEDNASTAVENÍ RETRO VENTILU BOHEMIA .....	91
C.6 NÁVRH POJIŠTOVACÍHO ZAŘÍZENÍ .....	92
C.7 NÁVRH TLOUŠTĚK IZOLACÍ.....	94
C.8 NÁVRH OSTATNÍCH SOUČÁSTÍ SOUSTAVY .....	95
C.8.1 Akumulační nádoba .....	95
C.8.2 Rozdělovač a sběrač .....	96
C.9. ROČNÍ POTŘEBA PALIVA .....	97
C.10 NÁVRH VĚTRACÍCH OTVORŮ .....	98
C.11. SOLÁRNÍ SYSTÉM .....	100
C.11.1. Účinnost kolektorů .....	100
C.11.2. Potřeba tepla .....	101

<b>C.11.3. Dimenzace potrubí.....</b>	<b>103</b>
<b>C.11.4. Zabezpečovací zařízení .....</b>	<b>105</b>
<b>C.12 PŘÍPRAVA TEPLÉ VODY .....</b>	<b>106</b>
<b>C.13 TECHNICKÁ ZPRÁVA.....</b>	<b>110</b>
<b>C.14 VÝKRESOVÁ DOKUMENTACE .....</b>	<b>115</b>
<b><u>ZÁVĚR .....</u></b>	<b><u>116</u></b>
<b>SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ .....</b>	<b>117</b>
<b>SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK, ZNAČEK A SYMBOLŮ .....</b>	<b>118</b>

## ÚVOD

Diplomová práce se zabývá řešením projektu vytápění dvoupodlažního nepodsklepené historické budovy, jež dnes slouží jako rodinný dům. V teoretické části se věnuji technologii spalování. Nejprve sem se zabíral problematikou paliv, přehled a charakteristické vlastnosti jednotlivých druhů. Ve druhé části se zabírám problematikou druhů kotlů a spalováním v nich.

V dalším oddíle této práce se věnuji aplikací základních fyzikálních dějů důležitých pro vypracování této problematiky. Následně jsou vypracovány dvě koncepční řešení a zhodnocení jejich kladů a záporů.

V poslední části je vypracován prováděcí projekt, se všemi důležitými výpočty, schémata a výkresy.

Vytápění je důležitým faktorem při tvorbě interního mikroklimatu a to hlavně tepelné pohody.

Tepelná pohoda prostředí je určitý stav, kdy člověk necítí teplo ani chlad. Pomocí vytápění můžeme případně zajistit výkon pro ostatní potřeby (přípravu teplé vody, ohřev vzduchu, technologii).

## **A – ANALÝZA TÉMATU, CÍLE A METODY ŘEŠENÍ**

## **A.1 ANALÝZA ZADANÉHO TÉMATU**

### **A.1.1 Analýza zadaného tématu**

Tématem diplomové práce je vhodný návrh zdroje tepla a zapojení kotelny na obnovitelné zdroje tepla. Vypracování dvou variant koncepčního zapojení, posouzení a následné vyhodnocení lepší varianty. Následné zpracování technického řešení.

Projekt je zpracován na dvoupodlažním, nepodsklepeném Zámečku v obci Oslava v okrese Jihlava. V 1. nadzemním podlaží se nachází pobytové místnosti, kuchyně, hygienické zařízení, kotelna a technická místnost. V 2. nadzemním podlaží se nachází pokoje, ložnice, kinosál, hernaa hygienické zařízení. Obvodové stěny jsou postaveny z cihel plných pálených tlušťky 1050mm a sokl z kamene. Střecha je valbová a zateplená. Výplně oken byly již vyměněny za nové, splňující normativní požadavky.

V projektu je řešen návrh zdroje tepla podle tepelných ztrát objektu a potřebného výkonu pro ohřev teplé vody v zimním období, návrh dimenzí potrubí a jednotlivých prvků v kotelně. Pro provoz v letním období je navržen solární systém s panely umístěnými na jihozápadní rovině střechy. Práce je řešena z hlediska vnitřního prostředí, uživatelského komfortu, prostorových nároků, ekonomiky provozu a dopadu na životní prostředí.

Požadavkem investora je instalace takového zdroje tepla, jenž nepotřebuje ke svému provozu zemní plyn, z důvodu neexistujícího rozvodu v okolí daného zámečku.

### **A.1.2 Normové a legislativní požadavky**

Projekt je vypracován podle platných technických norem, právních předpisů a hygienických požadavků. Jejich seznam je popsán níže:

ČSN 73 0540	Tepelná ochrana budov
ČSN 12831	Tepelné soustavy v budovách – Výpočet tepelného výkonu
ČSN 060320	Tepelné soustavy v budovách – Příprava teplé vody
ČSN 060830	Tepelné soustavy v budovách – Zabezpečovací zařízení
ČSN 601101	Otopná tělesa pro ústřední vytápění
Vyhláška č. 499/2006 Sb. o dokumentaci staveb	

## **A.2 CÍL PRÁCE, ZVOLENÉ METODY ŘEŠENÍ**

### **A.2.1 Cíl práce**

Cílem práce je navrhnout a posoudit dvě varianty koncepčního zapojení kotelny na výše popsany objekt. Následně vypracovat technické řešení na lepší variantu.

### **A.2.2 Zvolené metody řešení**

Zvolenou metodou řešení je ruční výpočet s využitím fyzikálních vztahů a dějů v programovém softwaru excel a porovnání výsledků v programu Teplo, a grafické vypracování výkresů je provedeno ve studijní verzi softwaru Autocad 2011.

Potřebný tepelný výkon zdroje tepla je vypočten z tepelných ztrát objektu, ztráty větráním a ohřevem teplé vody. Objekt je rozdělen na jednotlivé větve. První větev je pro první nadzemní podlaží a druhá pro druhé nadzemní podlaží. Toto je navrženo na přání investora.

Budou navrženy jeden automatický kotel na peletky a zhodnocení v kombinaci s druhým zdrojem. Teplá voda bude navržena v kombinaci více zdrojů. V první variantě bude pouze automatický kotel s kombinací solárního systému pro ohřev teplé vody v létě. Ve druhé variantě řešení budou zdroj energie čerpadlo vzduch – voda.

## A.3 AKTUÁLNÍ TECHNICKÁ ŘEŠENÍ V PRAXI

### A.3.1 Úvod ke kotlům

Kotel je zařízení sloužící k ohřevu vody, k výrobě páry z vody, resp. k ohřevu jiného media (např. oleje). Teplo se získává obvykle spalováním paliva tj. hmoty, ze které uvolňujeme teplo exotermickými chemickými reakcemi. V některých zvláštních případech odpadá spalování a k ohřevu teplotnosného media se využívá odpadního tepla (spalinový kotel) nebo elektřiny (elektrokotle).

Podle použitého paliva rozeznáváme kotle:

- na paliva tuhá,
- na paliva kapalná,
- na paliva plynná,
- na směsi paliv.

Podle způsobu spalování tuhých paliv rozeznáváme:

- kotle roštové (s klasickým roštem),
- kotle fluidní (s fluidním roštem),
- kotle práškové (granulační nebo výtavné).

Podle proudění vody rozeznáváme kotle s relativně velkým a s relativně malým vodním obsahem. Kotle s relativně velkým obsahem vody dělíme na plamencové, žárotrubné, příp. kombinované plamenco-žárotrubné. Jejich charakteristickým znakem je proudění spalín uvnitř plamenců a žárových trubek. Ohřívaná voda proudí vně trubek. Kotle nemají cirkulační okruh.

Moderní kotle s relativně malým obsahem vody jsou tzv. kotle vodotrubné tj. s prouděním vody uvnitř trubek parního generátoru a prouděním spalín vně trubek.

Podle přetlaku páry se kotle dělí na kotle:

- nízkotlaké (od 0 do 0,07 MPa přetlaku vyrobené páry),



- středotlaké (od 0,07 do 6,4 MPa přetlaku vyrobené páry),
- vysokotlaké (od 6,4 MPa výše přetlaku vyrobené páry).

Zvláštním případem jsou kotle s nadkritickými parametry páry tj. tlakem páry nad 22,5 MPa.

Podle způsobu zatížení rozeznáváme kotle špičkové, pološpičkové a základní.

### **A.3.2 Paliva**

Jak již bylo napsáno výše, jedno ze základních dělení kotlů je podle spalovaného paliva, které dělíme na základě skupenství paliva:

- tuhá,
- kapalná,
- plynná.

Paliva je možno také dělit podle jejich původu na fosilní (uhlí, ropa, zemní plyn), obnovitelné (především biomasa) a odpadní (odpadní plyny, komunální a průmyslové odpady, kaly z čištění odpadních vod).

#### **Tuhá paliva**

Základním tuhým palivem je uhlí, dále sem patří biomasa, zemědělské, průmyslové a komunální odpady. Složení tuhých paliv se určuje:

- hrubým rozbořem – při němž se stanoví poměrný obsah vody ( $W'$ ) a popelovin ( $A'$ ) a určí se výhřevnost paliva a prchavá a neprchavá hořlavina,
- elementárním obsahem hořlaviny, v němž se navíc ještě určují poměrné obsahy prvků hořlaviny.

Hrubý rozbor určuje poměr mezi hořlavinou ( $h$ ), popelovinou ( $A'$ ) a vodou ( $W'$ ) obsaženými v palivu.

	← Surové uhlí →		
přimísená voda	voda $W^r$	popeloviny $A^r$	hořlavina $h$
přítěž (balast)		prchavý podíl	tuhý podíl
		bezvodé uhlí (sušina)	
spálením vznikne:			
vodní pára	tuhé zbytky – škvára (struska), popílek		spaliny

Obr. 1 Hrubý rozbor tuhých paliv

### Voda v palivu

Snižuje výhřevnost paliva a je zdrojem řady potíží při dopravě paliva (způsobuje nalepování uhlí na dopravních cestách, v zimě zamrzá a způsobuje potíže při vyskladňování vagónů) i při samotném spalování. Voda odchází se spalinami ve formě vodní páry a zvětšuje tak objem spalin. Při poklesu teploty spalin pod hranici rosného bodu urychluje korozi kotle ze strany spalin. Čím je palivo geologicky starší, tím méně vázané vody obsahuje.

### Popelovina v palivu

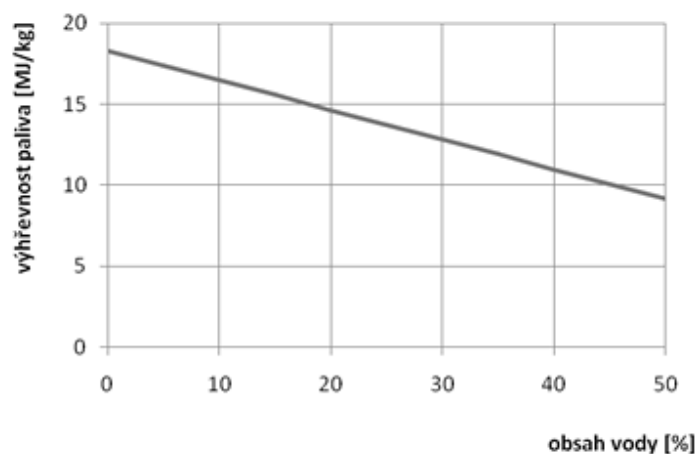
Vliv prvků na charakteristické teploty popele	
Prvky zvyšující charakteristické teploty popele	
oxid křemičitý	$\text{SiO}_2$
oxid hlinitý	$\text{Al}_2\text{O}_3$
Prvky snižující charakteristické teploty popele	
oxid železitý	$\text{Fe}_2\text{O}_3$
oxid hořečnatý	$\text{MgO}$
oxid titaničitý	$\text{TiO}_2$
oxid vápenatý	$\text{CaO}$
oxid fosforečný	$\text{P}_2\text{O}_5$

oxid sírový	$\text{SO}_3$
oxid mangangato-manganitý	$\text{Mn}_3\text{O}_4$
oxid sodný	$\text{Na}_2\text{O}$
oxid draselný	$\text{K}_2\text{O}$

Jedná se o minerální látky (křemičitany, uhličitany, sírany a další) obsažené v tuhém palivu před jeho spálením. Spálením vzniká z popeloviny tuhý zbytek, kterému říkáme popel. Pro provoz kotlů jsou velmi důležité charakteristické teploty popele, které nám určují chování popele při různých teplotách. Jedná se o teplotu měknutí ( $t_a$ ), tavení ( $t_b$ ) a tečení ( $t_c$ ). Určování těchto teplot je dáno normou ČSN ISO 540.

Z praktického hlediska nám  $t_a$  určuje minimální teplotu, kdy začne docházet k nalepování popele na výhřevné plochy a tím ke zhoršení prostupu tepla ze spalin do media. Při překročení teploty  $t_c$  dojde k roztavení popele. Na charakteristické teploty popele má přímý vliv jeho složení (viz tab. 1).

### Hořlavina paliva



Obr. 2 Závislost výhřevnosti paliva na vlhkosti

Hořlavina je část paliva, která je nositelem tepla uvolněného spalováním. Jedná se o tyto prvky: uhlík, vodík a síra. Obsah síry v palivu je nežádoucí, neboť zvyšuje obsah SO<sub>2</sub> ve spalinách, výrazně zvyšuje rosný bod spalin a způsobuje snížení charakteristických teplot popele. Důležitou vlastností paliv je prchavá hořlavina. Je to část hořlaviny, která se uvolňuje při začátku spalování a v podstatě napomáhá vznícování paliva v ohništi a stabilizuje spalovací proces.

### Výhřevnost paliva

Nejdůležitější energeticko-ekonomickou vlastností paliva je informace o obsahu energie v palivu – výhřevnost. Výhřevnost (kJ.kg<sup>-1</sup>) je teplo uvolněné dokonalým spálením 1 kg paliva při ochlazení spalin na 20 °C, přičemž voda ve spalinách zůstane v plynné fázi.

Výhřevnost se určuje výpočtem ze změřeného spalného tepla

$$Q_i^r = Q_s - r \cdot (W^r + 8,94 \cdot H_2)(1) [\text{kJ.kg}^{-1}]$$

kde

$W^r$

– obsah vody v palivu [–]

$r$

– výparné teplo vody [kJ.kg<sup>-1</sup>]

$H_2$

– obsah vodíku v surovém palivu (z 1 kg vodíku vznikne 8,94 kg vody) [–]

Výhřevnost paliva kromě prvkového rozboru hořlaviny silně závisí na obsahu vody.

## Druhy tuhých paliv

Dominantním energetickým palivem v České republice je uhlí. Základní dělení uhlí je podle stupně prouhelnění na rašelinu, lignit, hnědé uhlí, černé uhlí a antracit a uměle vyráběný koks. V našich podmínkách se nejčastěji využívá hnědé a černé uhlí. Porovnání vlastností jednotlivých typů uhlí je v tab. 2.

Hrubý a prvkový rozbor různých druhů uhlí						
	dřevěné piliny	rašelina	lignit	hnědé uhlí	černé uhlí	antracit
vlhkost[%]	16,5	20,0	33,3	23,4	5,2	7,7
prchavá hořlavina[%]	78,6	68,0	43,6	40,8	40,2	6,4
pevný uhlík[%]			45,3	54,0	50,7	83,1
popelovina[%]	5,2	12,0	11,1	5,2	9,1	10,5
C <sup>r</sup> [%]	51,2	57,5	63,3	72,0	74,0	83,7
H <sup>r</sup> [%]	6,3	5,5	4,5	5,0	5,1	1,9
N <sup>r</sup> [%]	1,9	1,9	1,0	0,9	1,6	0,9
S <sup>r</sup> [%]		0,1	1,1	0,4	2,3	0,7
A <sup>r</sup> [%]	1,5		11,1	5,2	9,1	10,5
O <sup>r</sup> [%]	33,0	35,0	19,0	16,4	7,9	2,3
spalné teplo[MJ.kg <sup>-1</sup> ]	9,9	21,0	16,5	21,4	29,2	34,7
teplota měknutí popele – t <sub>a</sub> [°C]		1120	1110	1149	1215	

Biomasa, na rozdíl od uhlí, patří mezi obnovitelné zdroje energie. Jedna ze základních definic říká, že biomasa je veškerá hmota organického původu. Základní rozdělení biomasy je tedy na biomasu živočišného a rostlinného původu.

Základní rozdělení energeticky využitelné biomasy je na

- záměrně pěstovanou biomasu – energetické (rychlerostoucí) dřeviny a rostliny bylinného charakteru,
- odpadní biomasu,
  - odpady ze zemědělské prvovýroby – sláma, náletové dřeviny, ořezy ze sadů atd.,
  - odpady ze živočišné výroby – zbytky krmiv, exkrementy zvířat, odpady z potravinářského průmyslu, hnůj, kejda,
  - odpady z lesní těžby – dřevní hmota, kůra,
  - odpady z dřevozpracujícího průmyslu,
  - komunální odpady – kaly, organický komunální odpad.

Důležitým parametrem u biomasy je vlhkost a to především proto, že její obsah velice kolísá, a to jak časově, tak co do druhů biomasy. Proto pokud mluvíme u biomasy o výhřevnosti, složení atd., musíme tyto vlastnosti vždy vztáhnout na vlhkost paliva.

Obsah popelovin je u biopaliv v porovnání s pevnými fosilními palivy velmi nízký. U dřeva je to 0,5–1 %, u stébelnin až do 5 %. Charakteristické teploty popele u biomasy jsou nižší než u uhlí a to především u stébelnin ( $t_a$  už od 700 °C).

Biomasa se používá ve formě kusového dřeva, briket, pelet, štěpky, hoblin, pilin atd.

V poslední době vzrůstá význam dalších tuhých paliv – odpadů. Mohou se spalovat buď samostatně ve spalovnách, nebo jako přídatná paliva k základním palivům v kotlích, různých pecích atd. Především se jedná o:

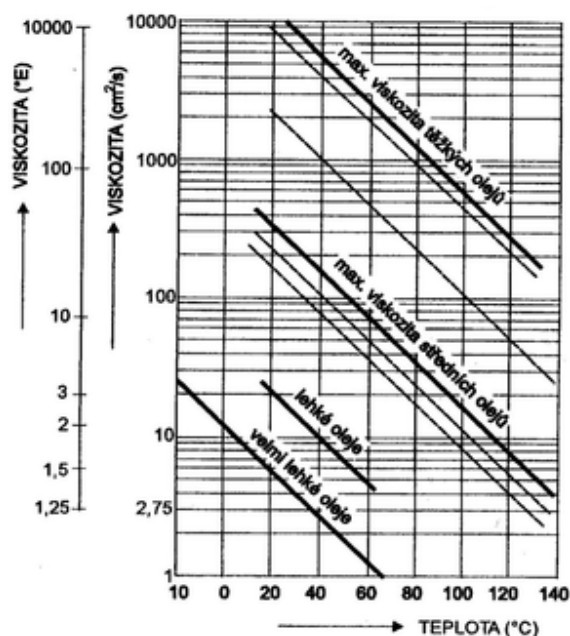
- komunální odpady – domovní a živnostenské odpady,
- průmyslové odpady – odpad z textilního, papírenského či zpracovatelského průmyslu a čistíren odpadních vod (čistírenské kaly).

Většina těchto paliv má vyšší výhřevnost a menší obsah síry než naše hnědá uhlí. Mohou však obsahovat fluor a chlór, ze kterých pak při špatném režimu spalování vznikají toxické látky. Dalšími nežádoucími látkami v odpadech, které jsou také předmětem přísných legislativních emisních limitů, jsou těžké kovy – např. olovo, rtuť, kadmium.

### Paliva kapalná

Základní surovina pro výrobu kapalných paliv používaných v energetice je ropa. Destilací ropy se získávají frakce různého bodu varu od 60 do 350 °C a o různých hustotách. V energetice se používají topné oleje (TO) extralehké (ELTO), lehké (LTO), těžké (TTO). Těžké se také používají pod názvem mazut. U menších zařízení je používána topná nafta. V průmyslové sféře existuje dále množství spalitelných tekutých odpadů. Hrubý rozbor kapalných paliv je stejný jako u tuhých paliv, v palivu však silně převládá hořlavina, zatímco obsah vody a popelovin je zanedbatelný (obojí do 1 %).

### Vlastnosti kapalných paliv



Obr. 3 Závislost kinetické viskozity TO na teplotě

Kromě spalného tepla, výhřevnosti, měrné hmotnosti a výparného tepla je důležitou vlastností kapalných paliv kinematická viskozita, jejíž hlavní jednotka je  $\text{cm}^2 \cdot \text{s}^{-1}$ , příp. stupeň Englera ( $^{\circ}\text{E}$ ). Určuje se Englerovým viskozimetrem. Závislost viskozity na teplotě kapalného paliva je na obr. 3. Platí zásada, že pro čerpání má mít kapalně palivo viskozitu 70–80  $\text{cm}^2 \cdot \text{s}^{-1}$  a pro rozprašování 2–4  $\text{cm}^2 \cdot \text{s}^{-1}$  podle typu hořáků.

Z hlediska skladování dopravy rozstřikování paliva je nutné sledovat charakteristické teploty kapalných paliv:

- teplota tuhnutí – teplota, kdy topné oleje začínají tuhnout, pro TTO je to –18 až 40  $^{\circ}\text{C}$ ,
- teplota tečení – teplota, při které olej začíná téct, tato teplota bývá o 50  $^{\circ}\text{C}$  vyšší než teplota tuhnutí,
- teplota vzplanutí  $t_{vzp}$  ( $^{\circ}\text{C}$ ) – teplota, při které dochází k odpařování a při kontaktu par s plamenem k zapálení, ale plamen ještě není stabilní, mazut okolo 200  $^{\circ}\text{C}$ ,
- teplota hoření  $t_{vz}$  ( $^{\circ}\text{C}$ ) – teplota, kdy olej vzplane a plamen hoří déle než 5 s, je cca o 60  $^{\circ}\text{C}$  vyšší než teplota vzplanutí,
- teplota zápalnosti (samovznícení) – teplota, kdy olej sám vzplane bez přiblížení ohně, pohybuje se v rozmezí 350–600  $^{\circ}\text{C}$

### **Paliva plynná**

Pod pojmem plynné palivo rozumíme všechny plyny, obsahující hořlavé složky – oxid uhelnatý, vodík a plynné uhlovodíky, případně jiné – bez ohledu na to, zda je přírodního původu, uměle vyráběn nebo zda vznikl jako odpadní produkt při některých technologických procesech.

### **Vlastnosti plyných paliv**

Z charakteristických veličin topných plynů jsou nejdůležitější:

- Výhřevnost má stejnou definici jako u tuhých paliv, u plynů však je místo na kilogram vztahována na  $\text{m}_n^3$  při normálních fyzikálních podmínkách.



- Měrná hmotnost  $\rho$  – je důležitým kritériem pro posouzení spalovacích vlastností a pro dopravu v potrubí. Vypočte se z měrných hmot a parciálních tlaků jednotlivých složek. Bývá v rozmezí  $0,45\text{--}1,20 \text{ t.m}_n^{-3}$
- Tlak plynu  $p$  je důležitá stavová veličina. Při rozvodu plynu potrubím rozeznáváme:
  - nízký tlak do 5 kPa,
  - střední tlak od 5 kPa do 0,4 MPa,
  - vysoký tlak od 0,4 MPa do 4 MPa.
  - velmi vysoký tlak od 4 MPa
- Hutnota plynu  $h$  – je poměr měrných hmotností plynu a vzduchu. Zjišťuje se buď výpočtem nebo pokusným Bunsen–Schillingovým přístrojem z naměřených výtokových dob plynu a vzduchu za stejných podmínek.

Platí vztah

$$h = \frac{\rho}{1,293} = \frac{\tau_p^2}{\tau_v^2} (2) [-]$$

kde

$h$

– hutnota plynu [-]

$\rho$

– měrná hmotnost plynu [ $\text{kg.m}^{-3}$ ]

$\tau_p$

– doba výtoku plynu [s]

$\tau_v$

– doba výtoku vzduchu [s]

- Záměnnost plynu – definuje možnost záměny jednotlivých plynů. Za záměnné plyny lze považovat takové plyny, které lze v daných typech hořáků spalovat bez komplikací

(hlavní faktory jsou stabilita plamene, dokonalost spalování a stabilita tepelného výkonu).

Ukazatel záměnnosti plynu je Wobbeho číslo

$$W = \frac{Q}{\sqrt{h}} (3) [\text{MJ} \cdot \text{m}^{-3}]$$

kde

$Q$  – výhřevnost plynu [ $\text{MJ} \cdot \text{m}^{-3}$ ]

$h$  – hutnota plynu [–]

- Charakteristické teploty plyných paliv
  - zápalná teplota – nejnižší teplota, při níž se látka samovolně zapálí a hoří, bývá okolo 500–700 °C,
  - teplota hoření – jde o nejvyšší dosažitelnou teplotu plamene, je důležitá pro návrh spalovací komory z hlediska jejího objemového zatížení a volby konstrukčních materiálů.
- Rychlost šíření plamene je důležitá vlastnost pro návrh rozměrů spalovací komory.
- Horní a dolní mez výbušnosti – pro každý plyn nebo hořlavou páru existuje za dané teploty a tlakových podmínek dolní a horní mez výbušnosti nebo hořlavosti. Dolní mez výbušnosti je nejnižší koncentrace hořlavého plynu nebo směsí plynů ve vzduchu, která by mohla vyvolat explozi. Horní mez výbušnosti je nejvyšší koncentrace hořlavého plynu nebo směsí hořlavých plynů ve vzduchu, při které může ještě dojít k výbuchu, ale při překročení této koncentrace už k explozi nedochází pro nedostatek kyslíku. Pro zemní plyn je při 20 °C spodní mez výbušnosti 5 % a horní 15 %.

### Druhy plyných paliv

V energetice se můžeme setkat s celou škálou plyných paliv. Zcela dominantní je užívání zemního plynu, používají se však i další.

- Zemní plyn – přírodní plyn, vyznačující se vysokým obsahem metanu  $\text{CH}_4$ . Rozeznáváme zemní plyn ropného nebo uhelného původu. Výhřevnost zemního plynu je cca  $34,1 \text{ MJ.m}_n^{-3}$ ,  $\rho = 0,72 \text{ kg.m}_n^{-3}$ .
- Topná směs PB (LPG) – směs výhřevných uhlovodíků propanu a butanu. Konkrétní složení a na ní závislá výhřevnost a další vlastnosti závisí na výrobcí a ročním období. U nás je letní poměr propanu ku butanu 40:60, zimní pak 60:40, výhřevnost kolem  $105 \text{ MJ.m}_n^{-3}$ .
- Koksárenský plyn – vzniká v koksárenských pecích při výrobě koksu z černého uhlí. Vlastnosti tohoto plynu závisí hlavně na druhu použitého uhlí. Odsířený a vyčištěný koksárenský plyn, používaný v plynárenských soustavách, se nazýval svítiplyn.
- Vysokopecní plyn – vzniká redukčním procesem ve vysokých pecích při nedokonalém spálení koksu a uvolněním oxidu uhličitého z vápence, který je součástí vsázky. Jedná se o vedlejší produkt při výrobě surového železa.
- Skládkový plyn – vzniká uvolňováním plynů vznikajících anaerobní fermentací organické složky na skládkách odpadu. Má různorodé složení – převažuje metan cca 62 %, doplněný  $\text{CO}_2$  (cca 36 %), s výhřevností  $20\text{--}25 \text{ MJ.m}_n^{-3}$ .
- Bioplyn – anaerobní digescí exkrementů z živočišné výroby, zbytků rostlin atp., se uvolňuje bioplyn. Jeho složení je poměrně různorodé – dominuje metan (45–70 %) a  $\text{CO}_2$  (25–40 %), výhřevnost  $17\text{--}23 \text{ MJ.m}_n^{-3}$ .

Příklady složení a výhřevnost některých plyných paliv

Plyn	Výhřevnost [ $\text{MJ.m}_n^{-3}$ ]	$\text{CO}_2$ [%]	$\text{O}_2$ [%]	CH [%]	CO [%]	$\text{H}_2$ [%]	$\text{CH}_4$ [%]	$\text{N}_2$ [%]	Ostatní [%]
Zemní plyn	33,5	0,1	–	0,7	–	–	98	1,2	–
Koksárenský plyn	16,3	2,3	0,8	–	6,8	57,5	22,5	7,8	2,4
Vysokopecní plyn	3,9	10,5	–	–	28,0	2,7	0,3	58,3	–
Dřevoplyn	4,5	9,3	0,2	0,1	14,2	13,8	4,5	57,9	–

- Dřevoplyn – vzniká termickým zplyňováním biomasy. Jeho složení závisí především na technologii zplyňování a na typu zplyňovacího media (vzduch, vodní pára, kyslík, příp. směsi), výhřevnost  $4\text{--}6 \text{ MJ} \cdot \text{m}_n^{-3}$ , pro zplyňování vzduchem, až  $15 \text{ MJ} \cdot \text{m}_n^{-3}$  pro zplyňování vodní parou nebo obohaceným vzduchem.

### A.3.3 Základy spalování

Spalování je fyzikálně chemický děj s uvolňováním tepla, kdy dochází k oxidaci paliva až na jeho konečné produkty.

Spalování začíná působením tepelného impulzu nebo samovznícením. Dále nastává řetězový děj, kdy část tepla slouží jako iniciátor pro zapálení nové směsi, zbytek je odváděn (nejčastěji teplem ve spalinách). Konec hoření nastává vyčerpáním hořlavé směsi, nebo pokud intenzivním odvodem tepla přerušíme řetězovou reakci.

Spalování se účastní palivo (hořlavá látka s dostatečnou výhřevností) a okysličovadlo (látka obsahující kyslík – nejčastěji vzduch), výstupem jsou produkty, které vznikají jako výsledek chemické reakce mezi palivem a okysličovadlem:

- teplo,
- plynné spaliny – směs plynů  $\text{H}_2\text{O}$ ,  $\text{N}_2$ ,  $\text{CO}_2$ ,  $\text{SO}_2$ ,  $\text{CO}$ ,  $\text{Ar}$  a nečistoty,
- tuhý zbytek (struska, škvára, popílek).

### A.3.4 Ztráty kotle

Účinnost spalovacích zařízení lze určit dvěma způsoby. Přímá metoda určuje účinnost na základě porovnání reálné využitelné odcházející energie s energií dodanou. Druhou možností je nepřímá metoda, která spočívá v určení tepelných ztrát kotle:

- ztráta hořlavinou v tuhých zbytcích ( $\zeta_{mn}$ ) – je způsobena obsahem uhlíku ve škváře nebo strusce, popílku ve spalinách a roštovým propadem
- ztráta fyzickým teplem tuhých zbytků ( $\zeta_f$ ) – spočívá v nevyužitém teple odcházejících tuhých zbytků
- ztráta hořlavinou ve spalinách ( $\zeta_{cn}$ ) – tato ztráta je dána chemickou nedokonalostí spalování, projevující se obsahem CO, H<sub>2</sub>, C<sub>x</sub>H<sub>y</sub> ve spalinách
- ztráta fyzickým teplem spalin ( $\zeta_k$ ) – je dána tepelnou energií odcházející v plynných spalinách, jedná se o největší ztrátu kotle; tato ztráta je také nazývána jako komínová
- ztráta sdílením tepla do okolí ( $\zeta_{sv}$ ) – zohledňuje teplo unikající pláštěm kotle do okolí, závisí na kvalitě izolace stěn, způsobu oplechování, velikosti kotle a druhu spalovaného paliva [1]

### A.3.5 Roštové kotle

#### Nejrozšířenější typy kotlů a vhodnost jejich použití

Pokud se podíváme na současnou nabídku teplovodních kotlů na pevná biopaliva, pak nejběžnější jsou následující typy.

**Litinové kotle** jsou vhodným řešením pro spalování vlhkého tvrdého kusového dřeva, kdy je  $w < 30 \%$ . Vzhledem k prohřívacímu způsobu spalování nejsou v žádném případě vhodné pro spalování drobného dřeva a dřevního odpadu. Tato paliva rychle nahořívají v celé vrstvě, rychle uvolňují prchavé látky, které nestačí v kotli vyhořet. Vedle účinnosti na hranici 50 % se to pak projevuje především velice tmavým kouřem, který vychází po značnou část topení z komína. Výkon se dá regulovat prakticky pouze množstvím paliva v násypce a regulací tahu pomocí klapky na sání spalovacího vzduchu. Vzhledem k velkému množství žhavého paliva je možnost regulace značně omezena. Díky nízké tlakové ztrátě na straně spalin jsou vhodné pro komín s malým tahem do 15 mbar. Při volbě komína je nutné počítat s tím, že se teplota spalin může při spalování suchého dřeva dlouhodobě pohybovat v oblasti 300 až 400 °C. Nízká cena je vykoupena nízkou účinností, která se reálně pohybuje u dřeva na hranici 60 %. Relativně malý

objem násypky znamená zvýšené nároky na obsluhu , zvláště při ukládání paliva. Tyto kotle se emisně řadí převážně do 1. třídy.

**Ocelové kotle s ruční dodávkou paliva** jsou vhodné pro drobnější dřevo a dřevní odpad.

Převážně se jedná o kotle odhořivací s pohyblivým roštem. Vzhledem k tomu, že nenahořívá celá vrstva paliva v násypce, lze tyto kotle snáze řídit regulací přísávání primárního a sekundárního vzduchu, vyžadují však komín s větším tahem nad 25 mbar. Malý objem násypky paliva znamená opět zvýšené nároky na obsluhu, tj. na ukládání, roštování. Reálná účinnost kotlů se pohybuje na hranici 65 %. Emisně tyto kotle dosahují zařazení maximálně do 2. třídy.

**Ocelové kotle speciální**, tzv. zplynovací, představují moderní technologii spalování kusového dřeva. Jsou to kotle odhořivací převážně s odtahovým ventilátorem a s poměrně vysokou účinností spalování, která se reálně pohybuje na hranici 75 %. Konstruovány jsou především na kusové dřevo o vlhkosti do 20 %, drobný dřevní odpad a dřevní brikety. Výkon kotlů se dá relativně dobře regulovat v rozsahu 50-100 % jmenovitého výkonu díky regulaci dodávky spalovacího vzduchu ventilátorem. Mají ve většině případů až dvojnásobný objem násypné šachty oproti běžným kotlům. To spolu s vyšší účinností znamená podstatné snížení četnosti obsluhy 4-5 x denně. I když vyžadují suché palivo, pro zvýšení jejich životnosti nad 5 let je prakticky nezbytné vedle udržování teploty vratné vody nad 60 °C také zapojení s akumulací nádrží. Jejich cena je o 1/3 vyšší než u obyčejných. Emisně dosahují tyto kotle běžně 2. třídy, v některých případech 3. třídy.

**Automatické kotle** představují nejnovější technologie spalování. Díky zásobníkům paliva o velkých objemech a automatickému doplňování paliva umožňují několikaletý bezobslužný provoz. Jsou převážně ocelové s nuceným i přirozeným odtahem spalin. Určeny jsou pro drobný dřevní odpad ve formě pilin a štěpky a pro pelety. Existuje mnoho konstrukčních řešení dopravy paliva, hořáků i kotlových těles. Vedle různého komfortu, jako je el. zapalování, a automatické odpopelňování, se vyznačují také různými cenami a různými požadavky na kvalitu paliva. Je nutné proto zvolit vhodné řešení pro dané podmínky i možnosti investora. Ceny automatických kotlů jsou dvoj až trojnásobné oproti obyčejným litinovým a ocelovým kotlům, jejich reálná účinnost však v celém režimu spalování u většiny výrobků přesahuje 80 %. Navíc možnost několikaletého nepřetržitého provozu podstatně zvyšuje tepelnou pohodu ve vytápěném

objektu, který není vystaven periodickému ohřívání a opětovnému vychládání. Emisně několiknásobně podkračují limity pro kotle třídy 3.

**Ostatní kategorie** kotlů na pevnou biomasu se rozdělují shodně jako kotle na uhlí a koks. Podle požadavku na komín se dělí na kotle s nuceným tahem a kotle s přirozeným tahem. Podle způsobu regulace pak na kotle pro rychle odpojitelnou, částečně odpojitelnou a neodpojitelnou otopnou soustavu. Kotle s ruční dodávkou paliva musí být vybaveny pojistným výměníkem, který v případě přetopení kotle zajistí jeho dostatečné dochlazení. Tento výměník musí být zapojen v případě instalace kotle do otopné soustavy s tlakovou expanzní nádrží, naopak nemusí být zapojen v případě instalace do soustavy s otevřenou expanzní nádrží.

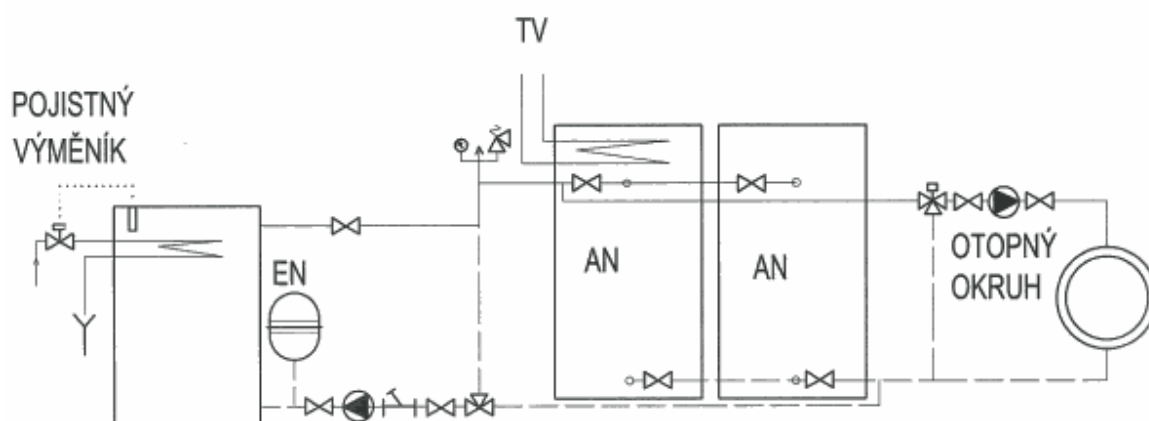
### **Domovní kotelny**

Velikost kotelny je do značné míry odvislá od zvolené technologie spalování i způsobu řešení skladového hospodářství. Kotle s ručním přikládáním paliva vyžadují větší manipulační prostor pro přikládání a čištění. Běžné dřevo má až 5x více popelovin než pelety. Pokud je dřevo skladováno mimo budovu, ve které je kotelna, mělo by v samotné kotelně být počítáno s uskladněním paliva v bezpečné vzdálenosti od kotle alespoň na denní provoz. Naopak v případě instalace peletového kotle, s průběžným doplňováním paliva několikametrovým šnekovým či pneumatickým dopravníkem, jsou prostorové nároky na samotnou kotelnu minimalizovány. Minimální vzdálenosti pro obsluhu, včetně vzdáleností od materiálů různé hořlavosti dle ČSN 73 0823, udávají výrobci kotlů v průvodní technické dokumentaci.

### **Základní schéma zapojení kotlů**

Případ základního zapojení malého kotle s ručním přikládáním paliva je uveden v kapitole o kotlích na uhlí. Také u všech kotlů na dřevo by měl být splněn alespoň základní požadavek na teplotu vratné vody, která by neměla při běžném provozu klesnout pod 60 °C, individuálně dle výrobce. Kondenzát vznikající při spalování dřeva je značně agresivní, proto je s ohledem na životnost kotle vhodné jej provozovat dlouhodobě na vysoký výkon. To umožňuje zapojení s akumulační nádrží, které se doporučuje zvláště u dražších zplynovacích kotlů. Základní schéma

takovéhoto zapojení je zobrazeno na obr. 1. U automatických kotlů se doporučuje pro případ spalování nedřevní rostlinné hmoty. Podle požadavků a finančních možností investora lze za použití různých úrovní regulace patřičně řídit "natápění" nádrží i distribuci vody to otopného okruhu. Nicméně se doporučuje, aby samotný provoz kotle byl řízen pouze jeho provozním termostatem a kotel tak mohl v maximální míře pracovat na jmenovitý výkon.



Obr. 1 Základní schéma zapojení kotlů na dřevo s akumulací nádržemi

### Skladové hospodářství

Obecně platí pro plánování skladového hospodářství pravidlo, že by měla být minimalizována potřeba doplňování paliva v průběhu topné sezóny, kdy jsou ceny paliv nejvyšší. Prostor pro skladování by tak měl být v maximální možné míře schopen pokrýt roční spotřebu paliva.

Výjimkou jsou piliny a štěpka s vlhkostí nad 25 %. Pokud není zajištěno intenzivní větrání, začíná toto palivo po určité době degradovat a plesnivět. Vedle snižování výhřevnosti to přináší i zdravotní nebezpečí od spor a plísní a také možnost samovznícení. Proto se nemají skladovat v obytných prostorech, kde je kotelna přímo v domku. Nedoporučuje se předzásobení delší než na dva měsíce. U kotlen menších výkonů jsou pro náročnost na skladovací prostory a manipulaci s palivem používány piliny a štěpka především pro vytápění dílen a provozoven, ve kterých tyto dřevní odpady vznikají.



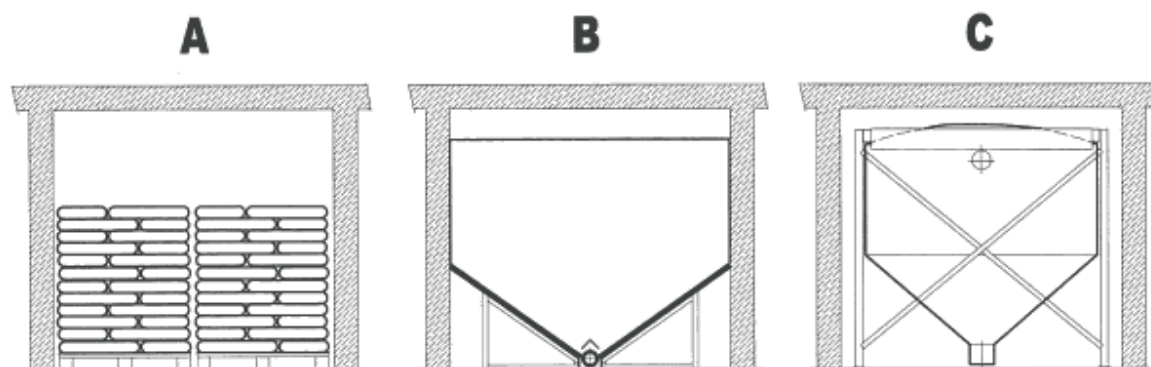
Pro potřeby projektování skladového hospodářství lze pro naše klimatické podmínky, kvalitu domácích paliv a účinnost zdrojů tepla s dostatečnou přesností stanovit roční potřebu paliva pro vytápění a ohřev TV na 1 kW projektovaného výkonu zdroje pomocí tab. 2.

	<b>H<sub>m</sub> (kg)</b>	<b>H<sub>v</sub> (m<sup>3</sup>/kW)</b>
Piliny, w < 30 %, automatický kotel	820	5,5 (prms)
Štěpka, w < 30 %, automatický kotel	820	3,6 (prms)
Dřevo, w < 20 %, zplynovací kotel	735	1,5 / 2,5* (prm)
Brikety, zplynovací kotel	610	1,0 (prm)
Pelety, automatický kotel	520	0,8 (prms)
* tvrdé dřevo / měkké dřevo		

*Tab. 2 Roční potřeba paliva na 1 kW projektovaného výkonu zdroje*

U skladování kusového dřeva je nutné si uvědomit, že čerstvé dřevo vysychá na požadovanou vlhkost 20 % 18 až 24 měsíců. Rychleji vysychá štípané kratší dřevo pod větraným přístřeškem. Je tedy nutné mít naskladněno příslušné množství dřeva i na 2 sezóny dopředu.

Z pohledu skladování a manipulace jsou nejvhodnější pelety. Od výrobců jsou distribuovány v pytlích po 15 kg, ve velkoobjemových vacích (big bag po 1 m<sup>3</sup>) nebo v cisternách. Obr .2 ukazuje základní možnosti skladování pelet. Ze skladů lze pak pelety dopravovat ke kotli buď ručně, varianta A, nebo pomocí podavačů pelet, varianty B a C. Šnekový dopravník doplňuje pelety ze skladu průběžně podle požadavku. Vzdálenost mezi skladem a kotlem je zpravidla do 6 m a pod úhlem do 45°. Pneumaticky pomocí podtlaku "nafoukává" pelety ze skladu antistatickými hadicemi na vzdálenost až 15 m s převýšením do 6 m.

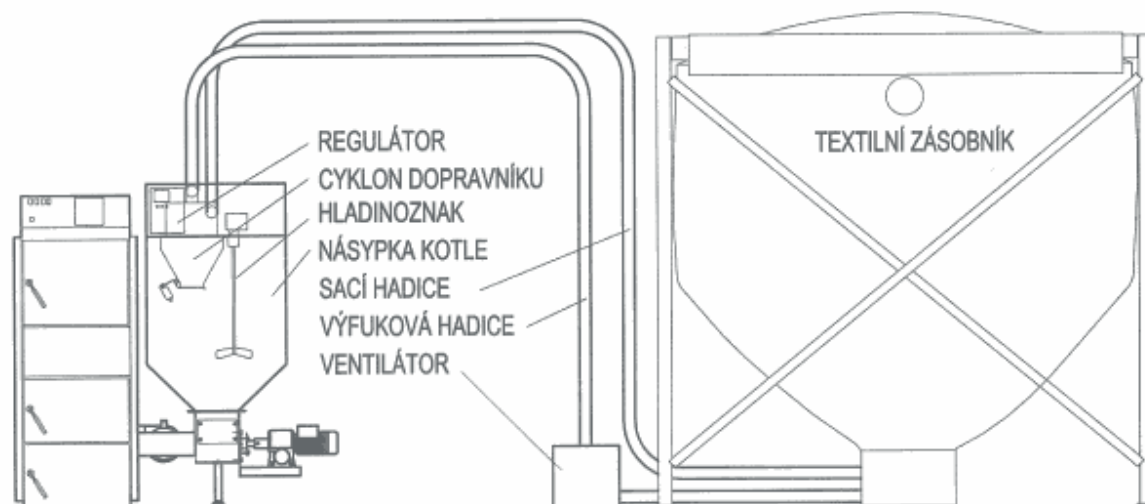


Obr. 2 Základní typy skladů pelet

**Varianta A** - skladování v pytlích je u nás zatím nejrozšířenější, vzhledem k fyzické manipulaci s pytli při přikládání by měl být sklad co nejblíže ke kotli, nevyžaduje úpravu skladu, prostorová využitelnost skladu je do 60 %.

**Varianta B** - skladování ve vyspádovaných skladech, skladová místnost je vyspádována pod úhlem 35 až 40° do sběrného žlabu, ve kterém je umístěn buď vynášecí šnek šnekového dopravníku pelet nebo sběrné sondy pneumatického dopravníku, prostorová využitelnost je do 70 %.

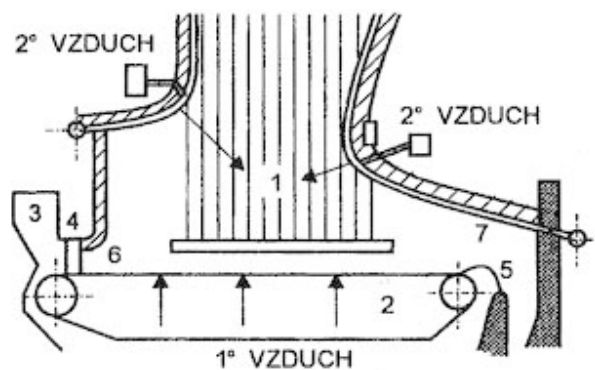
**Varianta C** - skladování v zásobnících, velkoobjemové vaky o objemu 2 až 10 m<sup>3</sup> jsou vyrobené ze speciální antistatické textilie vyspádované do sběrného místa, ve kterém je umístěná sběrná sonda pro pneumatický, či šnekový podavač, sklad není zapotřebí stavebně upravovat, ale objemová využitelnost je do 45 %.



Obr. 3 Kombinace textilního zásobníku s pneumatickým dopravníkem

V zemích, kde bylo rozšířeno skladování topných olejů v podzemních tancích, se využívá tento způsob skladování také pro pelety. U nás praktické zkušenosti chybí, proto se nedá předpokládat v dohledné době masivní rozšíření podzemních tanků.

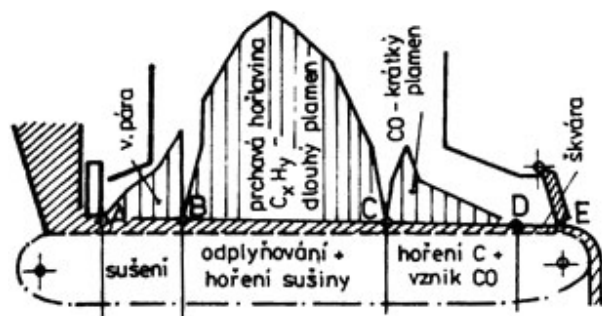
### Proces hoření – spalovací komora



Obr. 4 Základní částí roštového ohniště (1)

Slouží ke spalování kusových paliv v pevné vrstvě. Používají se v průmyslu i domácím vytápění. V současné době se nové roštové kotle na uhlí téměř nestaví, je jich však velké množství v provozu. Nové roštové kotle se staví zejména pro spalování zejména biomasy (dřevo, sláma) a dále na spalování komunálních a průmyslových odpadů.

Základní částí roštového ohniště jsou patrné na obr. 4. Ohniště (1) je ohraničeno roštem (2), přední a zadní klenbou (6) a (7) a stěnami ohniště. Palivo se na rošt dostává ze zásobníku (3) přes hradítko výšky paliva (4) na rošt. Pevný zbytek – škvára odchází přes škvárový jížek (5) do škvárové výsypky. Kotle se vyznačují poměrně velkým množstvím škváry, až 60–70 % všech tuhých zbytků.



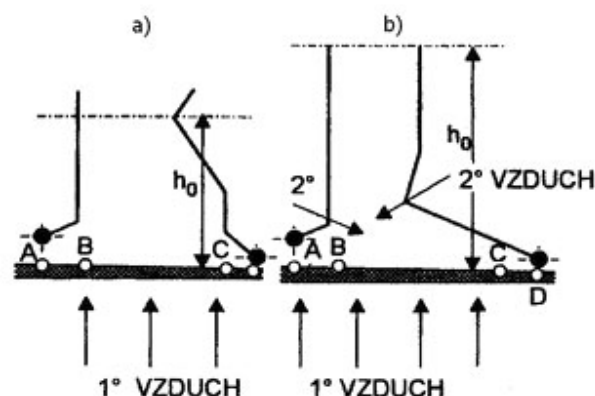
Obr. 5 Fáze spalování paliva na roštu (2)

Palivo na roštu prochází těmito charakteristickými fázemi:

- sušení – palivo se ohřívá na cca 120 °C a vypuzuje se z něho povrchová a hygroskopická voda,
- odplyňování – uvolňování prchavé hořlaviny, které probíhá intenzivně při ohřátí nad 250 °C,
- hoření prchavé hořlaviny a zápal vrstvy tuhé hořlaviny,
- dohořívání tuhé fáze a chladnutí tuhých zbytků.

Aby všechny fáze spalování na roštu dokonale proběhly, je třeba část tepla uvolněného spalováním vrátit do reakce a umožnit tak zapálení dalšího paliva. Tato část tepla se nazývá poměrné vzněcovací teplo.

Maximální teploty v ohništi roštových kotlů jsou pro uhlí cca 1350–1450 °C podle druhu uhlí, pro biomasu pak 1000–1300 °C.



Obr. 6 Tvar ohniště roštového kotle

- a) s jedním ohniskem hoření,
- b) s dvěma ohnisky hoření (3)

Spalování u roštových ohnišť probíhá jednak ve vrstvě na roštu (tuhý uhlík), jednak v prostoru nad vrstvou paliva (uvolněná prchavá hořlavina). Podíl hoření nad vrstvou paliva je tím větší, čím vyšší je obsah prchavé hořlaviny v palivu. Z tohoto pohledu rozeznáváme dvě základní konstrukční koncepce, které jsou patrné z obr. 6:

- roštové ohniště s jedním ohniskem hoření – pro paliva s nízkým podílem prchavé hořlaviny,
- roštové ohniště s dvěma ohnisky hoření – pro paliva s vysokým obsahem prchavé hořlaviny.

Ohniště typu a) jsou vhodná pro pevná paliva s malým obsahem prchavé hořlaviny (antracit, černé uhlí). Ohniště mají menší výšku ( $h_0$ ) oproti typu b), který je vhodný pro paliva s větším obsahem prchavé hořlaviny (hnědé uhlí, rašelina, odpady, biomasa). Tato ohniště bývají seškrčená, aby při delším plamenu bylo zajištěno promísení prchavé hořlaviny se vzduchem. Tomu se napomáhá přivedením sekundárního, příp. terciárního vzduchu nad rošt. Jeho podíl je tím větší, čím vyšší je obsah prchavé hořlaviny. [2]

## Druhy roštů

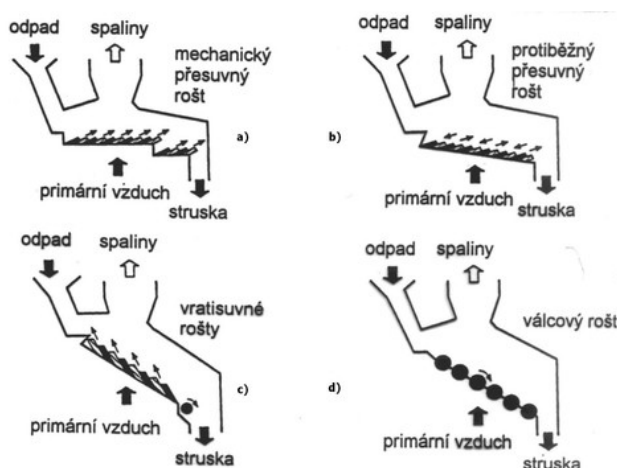
Podle způsobu přemísťování paliva v roštovém ohništi rozeznáváme

- rošty s nehybnou vrstvou paliva (pevné rošty),
- rošty s občasným přemísťováním paliva (rošty stupňové a přesuvné),
- rošty s trvalým přemísťováním paliva (rošty pásové a řetězové).

### **Pevné rovinné rošty s nehybnou vrstvou paliva**

Nejstarší typ roštů. V současné době se tento rošt zachoval u malých kotlů na lokální vytápění, event. u starších plamencových. Rošty jsou složeny z bezpropadových roštnic se spodním přívodem vzduchu. Palivo je přikládáno na žhavou vrstvu a je zapáleno spodním zápalem, sušení paliva, vypařování vody, odplyňování i hoření pevného uhlíku probíhá téměř současně. Nad rošt je třeba přivést sekundární vzduch pro dopálení uvolněné prchavé hořlaviny. Uvedené rošty mají velkou ztrátu mechanickým nedopalem ve škváře, úletu i propadu.

### **Rošty s občasným přemísťováním paliva**



Obr. 7 Typy posuvných roštů: a) vodorovný posuvný rošt, b) šikmý rošt s přímým posunem, c) šikmý rošt vratisuvný, d) rošt s válcovými roštnicemi

Rošty tohoto typu jsou tvořeny roštnicemi, kterými je možno pohybovat různými mechanismy. Patří sem rošty s výkyvnými roštnicemi, šikmé rošty s přímým posunem paliva, vratisuvné rošty

a rošty s válcovými roštnicemi – obr. 7. Občasným, pravidelným či nepravidelným, pohybem roštnic dochází k rozrušování spečené vrstvy paliva, promýchávání paliva, posunu paliva a odvodu popele z ohniště.

### **Rošty s trvalým přemísťováním paliva**

Jedná řetězové a pásové rošty tvořené nekonečným pásem, jehož horní plocha, na které spočívá vrstva paliva, tvoří rošt. Řetězový rošt je tvořen roštnicemi, které jsou články masivního Gallova řetězu. Pásový rošt má roštnice upevněny na příčných tyčích, které jsou unášeny dvěma postraními řetězy. V obou případech je rošt tepelně namáhán pouze v horní části, zatímco ve spodní části je chlazen. Z tohoto důvodu lze použít výhřevnější palivo, aniž by docházelo k opalu roštnic.

V současné době se nové roštové kotle staví především na spalování biomasy a různých druhů odpadů.

### **A.3.4 Kotle fluidní**

Kotle pracující na principu spalování paliva ve fluidní vrstvě byly vyvinuty pro spalování paliva širokého rozsahu. Fluidizace je obecně děj, v němž je soubor pevných látek udržován ve vznosu proudem tekutiny. Fluidní vrstva tvoří disperzní systém, který se vytváří průtokem plynu vrstvou částic nasypaných pod pórovité dno – tzv. fluidní rošt. Náplň fluidní vrstvy tvoří palivo, odsířovací aditivum (většinou vápenec) a aditivum pro stabilitu fluidní vrstvy (inertní materiál – např. písek).

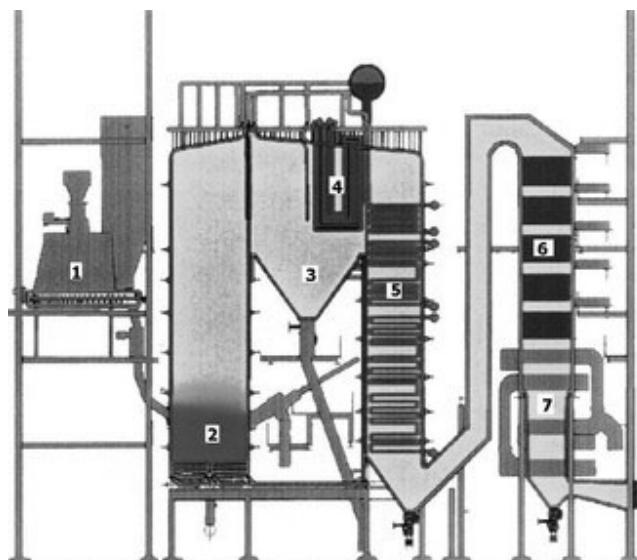
Výhody fluidního spalování:

- Možnost dávkování vápence do kotle za účelem částečného odsíření spalin, účinnost odsíření je od 40 do 95 % podle typu kotle, kvality promísení paliva s aditivem a množství dávkovaného vápence, fluidní kotle tedy nevyžadují budování odsířovacího zařízení za kotlem.
- Nízké teploty ve fluidní vrstvě a odstupňovaný přívod vzduchu do ohniště mají příznivý dopad na redukci  $\text{NO}_x$  ve spalinách.

- Ve fluidních kotlích lze spalovat i méněhodnotná paliva a odpady s velmi nízkou výhřevností, v jiných typech kotlů nespalitelné.
- Spalování probíhá s vyšším zatížením roštové plochy oproti klasickým roštovým kotlům a rozměry roštu proto vycházejí nižší.
- Mají nižší komínovou ztrátu, neboť odsířené spaliny na konci kotle mohou mít v důsledku nižšího rosného bodu nižší teplotu. Účinnost kotlů bývá při jmenovitých parametrech 92–94 %.

Nevýhodou fluidního spalování je zvýšená citlivost na granulometrii paliva.

#### **Atmosférické fluidní kotle se stacionární fluidní vrstvou (AFB)**



Obr. 8 Kotel s bublinkující fluidní vrstvou (4)

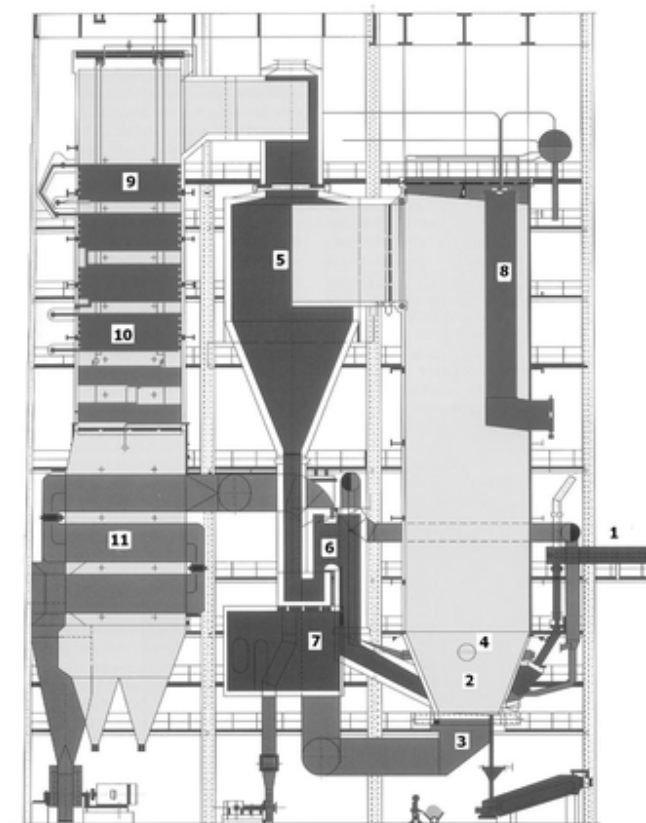
1 – zásobník paliva, 2 – fluidní vrstva, 3 – obratová komora,  
4 a 5 – přehřívák, 6 – ekonomizér, 7 – LUVO

Charakteristickým rysem těchto kotlů je bublinkující (stacionární) fluidní vrstva se zřetelnou hladinou. Schéma kotle je na obr. 8. Palivo je přiváděno ze zásobníku paliva (1) do spalovací komory (2), kam je přiváděn i spalovací vzduch. Primární vzduch je veden skrze fluidní rošt a vytváří z paliva a aditiva fluidní vrstvu. Spaliny znečištěné popílkem pak odchází dohořivací komorou (kam bývá přiveden sekundární vzduch) do mezitahu (3), kde je odloučena velká část



tuhého úletu. Dále spaliny prochází výhřevnými plochami parní části kotle (přehřívákem (5), ekonomizérem (6)) a ohřívákem vzduchu (7). Popílek je odveden na úložiště, u některých systémů je zaváděn zpět do fluidní vrstvy (2).

### Atmosférické fluidní kotle s cirkulující fluidní vrstvou (ACFB)



Obr. 9 Kotel s cirkulující fluidní vrstvou

- 1 – přívod paliva, 2 – fluidní vrstva, 3 – primární vzduch,  
4 – sekundární vzduch, 5 – cyklon, 6 – fluidní uzávěr (sifon),  
7 – externí chladič popele, 8 a 9 – přehřívák, 10 – ekonomizér,  
11 – LUVO

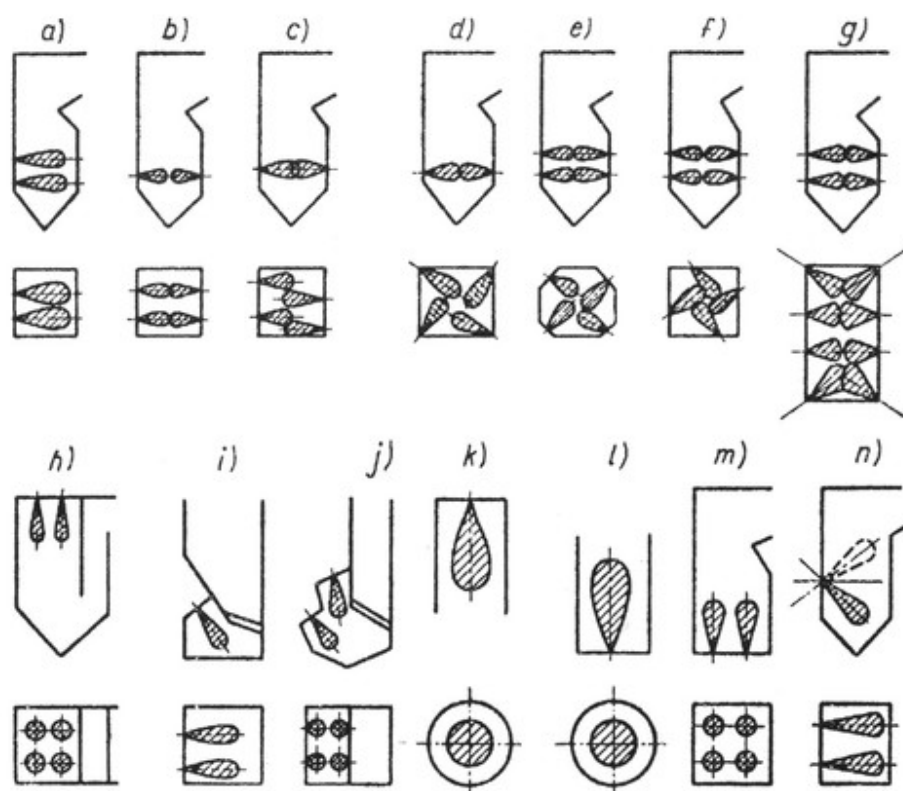
Principem kotlů s cirkulující fluidní vrstvou je cirkulace částic fluidní vrstvy (paliva i aditiva) mezi spalovací komorou a cyklonem, ze kterého jsou vraceny zpět do fluidního ohniště.

Společným znakem těchto kotlů je prostup všech spalín z ohniště přes cyklony. Výhodou je delší

pobyt částic ve spalovacím prostoru, který vede k lepšímu odsíření i vyhoření uhlíku (snížení ztráty mechanickým nedopalem). Tyto kotle se staví pro vyšší výkony než kotle s bublinkující (výkony 50–700 MW<sub>t</sub>).

Na rozdíl od kotlů AFB není u těchto kotlů zřetelná hladina fluidní vrstvy, která expanduje do prostoru ohniště. V důsledku cirkulace přes sifon se pevné částice vrací zpět do ohniště. Uvádí se, že průměrně velká částice paliva cirkuluje 10–15× než dojde k jejímu vyhoření. Základní schéma ACFB je na obr. 9. Drcené palivo je dodáváno spolu s mletým vápencem CaCO<sub>3</sub> (1) do fluidní vrstvy (2). Roštem se přivádí primární vzduch (3) v podstechiometrickém množství, cca 70 % z celkového přiváděného vzduchu do kotle. Nad rošt se přivádí vzduch sekundární (4). Vlastní komora je vyložena membránovými stěnami. Rychlost spalin a popele ve výhřevných plochách je 4–8 m.s<sup>-1</sup>. Spaliny ze spalovací komory odchází do cyklonu (5), kde se odloučí 90 % prachových částic. Částice se vrací přes sifon (6) zpět do fluidní vrstvy (2). Kromě vracení popele je možná též cesta přes externí chladič popele (7), v němž jsou výhřevné plochy tlakového systému. Externí chladič tak zvyšuje regulovatelnost výkonu kotle a parametrů páry a lépe umožňuje přechod na jiná paliva.

### A.3.4 Kotle práškové



Obr. 11 Varianty hořáků v ohništích kotlů (3)

a – dvouřadé čelní, b – jednořadé protiběžné, c – jednořadé vystřídání, d – jednořadé rohové (tangenciální), e – dvouřadé rohové (tangenciální), f – dvouřadé rohové (tangenciální), g – dvouřadé kombinované, h, k – stropní, i, j – uspořádání v čelní stěně u výtavných ohnišť, l – naklápění

Práškové kotle spalují uhelný prášek, rozemletý na velikost zrn pod 1 mm, v hořácích.

Rozemletím kusového uhlí na prášek dochází ke zvětšení měrného povrchu paliva 100násobně, a tím dochází i k intenzivnějšímu spalování. Práškové kotle také nemají rošt, který omezuje teplotu primárního vzduchu a zatížení ohniště. Proto jsou používány pro nejvyšší výkony.

Prakticky největší kotel u nás má parní výkonnost  $1678 \text{ t}_{\text{páry}} \cdot \text{h}^{-1}$  (elektrárna Ledvice), ve světě pak  $4200 \text{ t} \cdot \text{h}^{-1}$ . Práškové kotle se stavějí od cca  $50 \text{ t} \cdot \text{h}^{-1}$ .

Uhlí se na prášek mele v mlecích okruzích (používají se ventilátorové, tlukadlové, trubnaté a kladkové mlýny). V mlýnicích také dochází k vysušení paliva. Rozemletý prášek se ze

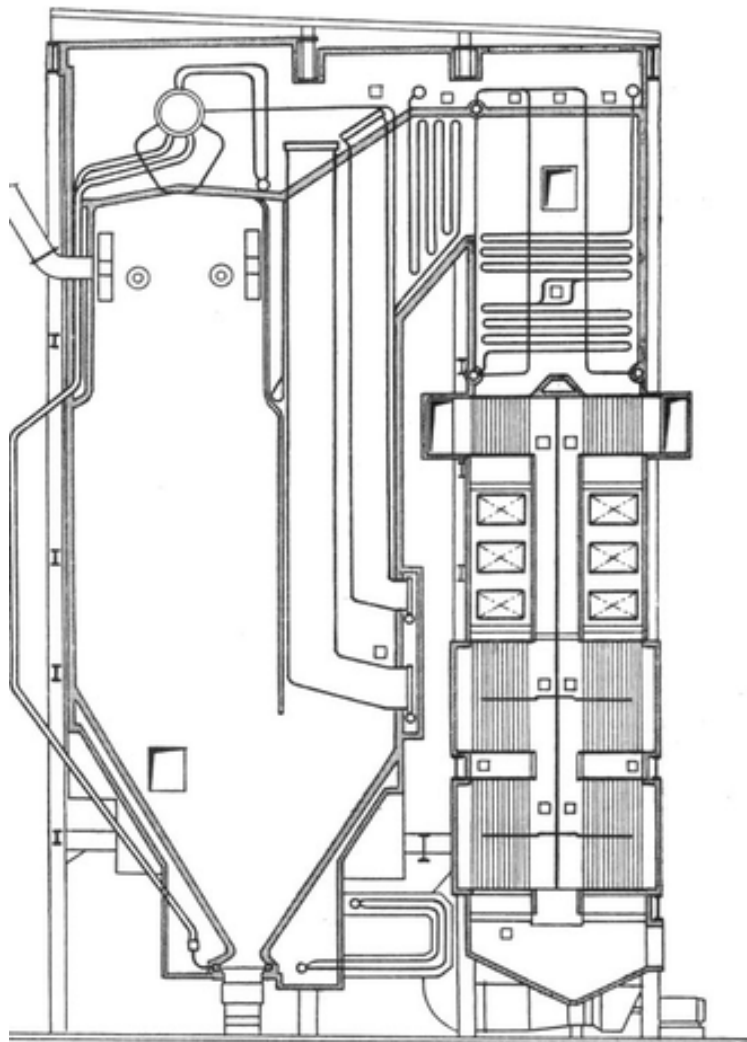
zásobníku do ohniště přivádí pneumaticky nosným médiem, které nazýváme primární směs. Nosným médiem může být vzduch, spaliny nebo jejich směs. Směs nosného media a uhelného prášku (tzv. primární směs) a sekundární vzduch vstupuje do kotle práškovými hořáky. Různé varianty uspořádání hořáků jsou na obr. 11. V prostoru ohniště se směs mísí s další částí vzduchu – terciárním vzduchem. Doba spalování u práškových kotlů je 0,5–3 s, zatímco při spalování na roštu bývá v desítkách minut. Spalovací vzduch se přehřívá na 300–450 °C.

Mezi nevýhody práškových ohnišť patří zvýšení investičních nákladů na mlecí okruhy a snížení účinnosti celého zařízení díky vyšší vlastní spotřebě. Dalším dopadem používání práškových (zejména granulačních) ohnišť je vysoké znečištění spalin popílkem, které klade vyšší požadavky na následná odprašovací zařízení.

Rozeznáváme dva typy práškových kotlů:

- granulační se suchým odvodem tuhých zbytků z ohniště v podobě škváry,
- výtavné s tekutým odvodem tuhých zbytků z ohniště v podobě tekuté strusky tj. nad bodem tečení popele.

V našich práškových kotlích se téměř výhradně používá granulačních ohnišť, která jsou více vhodná pro spalování našich hnědých uhlí.

**Granulační ohniště**

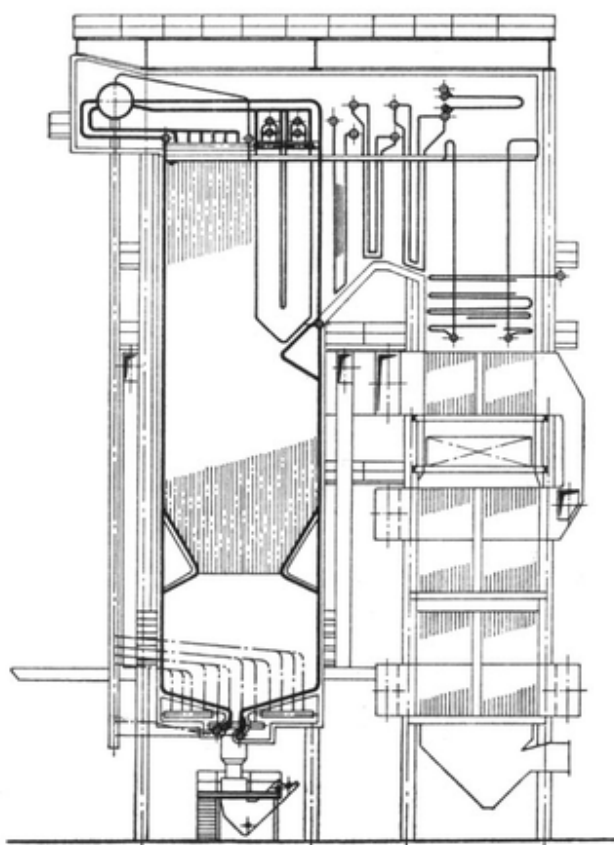
Obr. 13 Ukázka třítahového granulačního kotle s hořáky v horní části spalovací komory (5)

Granulační ohniště je vhodné pro spalování méněhodnotných paliv. Spalování zde probíhá při relativně nízkých teplotách tak, aby nedošlo k překročení teploty tečení popele, což vyžaduje intenzivní chlazení spalovací komory. Částice popele jsou během spalování natavené, shlukují se a tvoří škváru. Škvára padá do spodní části ohniště, do výsypky, ze které je kontinuálně odváděna. Stupeň zachycení popele ve škváře je 8–20 % z celkového množství popeloviny obsažené v palivu. Zbytek odchází se spalinami, prochází všemi teplosměnnými plochami a je nutno jej zachytávat v odprašovacích zařízeních.

Teplota plamene v granulačním ohništi se pohybuje v závislosti na typu paliva mezi 1100 až 1500 °C. Aby teplota nepřekročila teplotu tečení popele, zavádí se následující opatření:

- Používá se paliva s nízkou výhřevností, vysokým podílem popelovin a vlhkosti.
- Uvolněné teplo se intenzivně odvádí stěnami spalovací komory. Stěny jsou tvořeny membránovými stěnami, tvořících plochu výparníku, v horní části mohou být vestavěny další teplosměnné plochy, např. sálavé přehřívačky.
- Volí se nižší teplota předehřátí vzduchu, nebo vyšší přebytek vzduchu, nebo se do spalovací komory zavádí recirkulované spaliny.

### Výtavné ohniště



Obr. 14 Ukázka dvouprostorového výtavného kotle

Na rozdíl od granulačního ohniště, v ohništi výtavném záměrně překračujeme teplotu tečení popele, a takto vzniklou strusku odvádíme z kotle v tekutém stavu. Výtavné kotle se konstruují

jako jednoprostorové nebo dvouprostorové, kde jsou výtavný a vychlazovací prostor odděleny struskovou mříží, nebo zúžením.

Výtavný prostor slouží ke spálení paliva a odvodu tekuté strusky, vychlazovací prostor zajišťuje vychlazení spalin pod teplotu měknutí popele, aby nedocházelo k nalepování popílku na teplosměnné plochy a stěny dalších tahů. Cílem zúžení nebo struskové mříže je udržení co nejvyšší teploty ve výtavné komoře. Stěny vychlazovacího prostoru jsou tvořeny membránovými stěnami. Dno výtavného ohniště je rovné nebo s malým sklonem a je opatřeno výtokovým otvorem. Pro usnadnění odtoku strusky s vysokou teplotou tavení popele je do paliva přidáváno tavidlo. Aby se zabránilo zatuhnutí strusky ve výtokovém otvoru je spalovací komora navržena tak, aby v oblasti výtoku byla nejvyšší teplota.

Vyšších teplot ve spalovací komoře se dosahuje:

- volbou vhodného paliva – výtavné kotle jsou vhodné především pro uhlí s vyšší spalovací teplotou, tj. pro kvalitní černá uhlí,
- nižším chlazením stěn spalovací komory – výtavné prostory kotlů jsou omazané keramickou hmotou, aby nedocházelo k intenzivnímu přestupu tepla,
- zvýšením jemnosti mletí,
- zvýšením teploty spalovacího vzduchu – až 450 °C,
- nižším přebytkem vzduchu,
- vhodným smísením paliva a vzduchu.

### **Srovnání výtavných a granulačních ohnišť**

- Výtavná ohniště mají vyšší stupeň zachycení popele v ohništi (40–70 %), což je výhodné, neboť struska odtéká z ohniště otvorem do vody, kde granuluje – tj. prudkým ochlazením a vnitřním tepelným pnutím se rozpadává na menší kusy. Takto v ohništi přímo zachycená struska se snadněji uskládňuje na složišti.
- Vyšší spalovací teploty u výtavných ohnišť, znamenající i vyšší uvolněné teplo, dovolují při konstruování těchto ohnišť vyšší měrné tepelné objemové zatížení ohniště, což má příznivý dopad na zmenšení velikosti ohniště i jeho obestavěný prostor.

- Vyšší spalovací teploty mají rovněž dopad na vznik  $\text{SO}_3$  a následné nízkoteplotní koroze dodatkových ploch kotle, neboť rosný bod je v průměru o 20 °C nižší než u ohnišť granulačních. To umožňuje volit u kotlů s výtavným ohništěm nižší teplotu spalin za kotlem a tím i nižší komínovou ztrátu.

Za nevýhody výtavných ohnišť lze považovat:

- Nevhodnost těchto ohnišť zejména pro méněhodnotná hnědá uhlí s vysokým obsahem prchavého podílu. Ve výtavných ohništích lze ekonomicky spalovat pouze kvalitní uhlí s menším obsahem prchavého podílu – tj. především antracitu a černá uhlí.
- Uvedená paliva se obtížně vzněcují i hůře vyhořívají, takže je nutné mletí na jemnější částice. To zvyšuje měrnou mlecí práci, a tím i vlastní provozní náklady.
- Vzhledem k nebezpečí tuhnutí strusky v okolí výtokového otvoru mají výtavná ohniště nižší regulační rozsah (u granulačních cca 30–100 %, u výtavných cca 60–100 %).
- V důsledku velmi vysokých teplot spalování dochází k odpařování části popelovin, které pak kondenzují na dodatkových plochách kotle a způsobují těžko odstranitelné nánosy.

### **A.3.4 Kotle na spalování kapalných a plyných paliv**

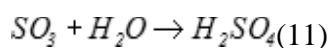
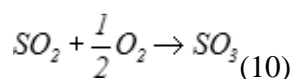
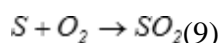
Při návrhu konstrukce i provozování kotlů na kapalná a plyná paliva je nutné si uvědomit jejich rozdílnost proti kotlům na paliva tuhá. Rozdíl mezi nimi spočívá především ve vyšší výhřevnosti paliv, nižších ztrátách a nepatrném obsahu popelovin (není nutno odvádět tuhý zbytek). Díky vysoké výhřevnosti má svítivý plamen topných olejů teplotu kolem 1800 °C a je velmi sálavý. Proces spalování těchto paliv je díky jemnému rozprášení paliva velice rychlý. Vzhledem k tomu, že ve spalinách nejsou tuhé částice a není nebezpečí popílkového otěru, je možné volit vyšší rychlosti spalin (až 20 m.s<sup>-1</sup>), což má za následek lepší přestup tepla konvekcí. Vyšší účinnost je dána nižšími ztrátami – odpadá ztráta mechanickým nedopalem a ztráta citelným teplem tuhých zbytků a u bezsírnatých paliv (kapalných i plyných) je také nižší komínová ztráta díky nízkému rosnému bodu spalin. Kotle na kapalná paliva dosahují účinnosti 93–95 %, kotle na plyná paliva pak 96–97 %. Dále kotle na kapalná a plyná paliva mají jednodušší palivové hospodářství, snadno se najíždění a regulují a dosahují nižších investičních a provozních nákladů. Kotle na



kapalná a plynná paliva se často stavějí jako přetlaková bez možnosti přísávání falešného vzduchu. U dobře pracujících hořáků lze použít nižšího přebytku vzduchu ( $\alpha = 1,05-1,1$ ).

Nevýhodou tepelných zdrojů s kapalnými a plynnými palivy je cenově nákladné palivo. Při spalování kapalných paliv je také nutné počítat se zvýšenou tvorbou  $\text{NO}_x$  a  $\text{SO}_x$  (pokud nepoužíváme nízkosíraté LTO). Vysoký obsah síry (až 3 % u těžších topných olejů), mimo nutných investic do odsířovacího zařízení, způsobuje vyšší rosný bod spalin, a tím vyšší teplotu spalin do komína – cca 180 °C, vyšší sklon k nízkoteplotním korozím (koroze ze strany spalin obsahující síru), ev. sklon k vysokoteplotním korozím nad 600 °C v důsledku oxidů vanadu (rovněž ze strany spalin). Vyšší spalovací teploty podporují tvorbu  $\text{NO}_x$ .

Nízkoteplotní koroze vzniká podkročením rosného bodu spalin na stěnách spalinovodu nebo výměníků. Na stěnách pak kondenzuje nejen vodní pára, ale i kyselina sírová, které vzniká podle rovnic (9) až (11).



Hlavním opatřením proti vzniku nízkoteplotní koroze je udržení teplot teplosměnných ploch nad teplotou rosného bodu. Další opatření proti korozi se zavádějí:

- spalování s nízkými přebytky vzduchu (zamezení vzniku  $\text{SO}_3$ ),
- použití korozivzdorných materiálů,
- snižování obsahu síry – dávkování aditiv do spalovacího procesu,
- předehřev vzduchu vstupujícího do LUVU (většinou parou) na hodnoty 60–80 °C.

Vysokoteplotní koroze je způsobena oxidy vanadu ( $V_2O_5$ ), které mají nízký bod tavení (nad  $570\text{ }^{\circ}\text{C}$ ). Oxidy vanadu narušují ochrannou vrstvu trubek, ta je pak vystavena působení spalín a popílků. Množství vanadu v palivu se neměří, odhaduje se podle množství síry. Ochrana proti vysokoteplotní korozi je především nepřekračování teplot teplosměnných ploch nad teplotu tavení vanadu. Toto opatření však omezuje parametry vyráběné páry. Další možná, ale spíše podpůrná, opatření mohou být spalování s nízkým přebytkem vzduchu (aby se zamezilo tvorbě oxidů vanadu), případně přidáním inhibitorů (Mg). [3]

## A.4 TEORETICKÉ ŘEŠENÍ (S VYUŽITÍM FYZIKÁLNÍ PODSTATY DĚJŮ)

### A.4.1 Součinitel prostupu tepla

Prostup tepla u ochlazované konstrukce obklopenou z obou stran vzduchem se počítá jako součet přestupu, vedení a přestupu. Součinitel přestupu tepla musí splňovat normovou hodnotu dle ČSN 73 0540-2 z roku 2011.

$$U_k = \frac{1}{R_{\text{tot}}}$$

$$R_{\text{tot}} = R_{\text{si}} + R + R_{\text{se}}$$

$$R_{\text{si}} = \frac{1}{\alpha_{\text{si}}}$$

$$R = \sum_j^n \frac{d_j}{\lambda_j}$$

$$R_{\text{se}} = \frac{1}{\alpha_{\text{se}}}$$

$$U_k \leq U_n$$

$U_k$  ... součinitel přestupu tepla  $[\text{W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})]$

$U_n$  ... požadovaný součinitel přestupu tepla  $[\text{W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})]$

$R_{\text{tot}}$  ... celkový tepelný odpor stěny  $[\text{m}^2 \cdot \text{K}/\text{W}]$

$R_{se}$  ... tepelný odpor při přestupu tepla na vnitřní straně konstrukce (přestup)  $[m^2.K/W]$

$R_{si}$  ... tepelný odpor při přestupu tepla na vnější straně konstrukce (přestup)  $[m^2.K/W]$

$R$  ... tepelný odpor konstrukce (vedení)  $[m^2.K/W]$

$\lambda$  ... součinitel tepelné vodivosti materiálu  $[W/(m.K)]$

$d$  ... tloušťka materiálu  $[m]$

$\alpha_{si}$  ... součinitel přestupu tepla na vnitřní straně  $[W/(m^2.K)]$

$\alpha_{se}$  ... součinitel přestupu tepla na vnější straně  $[W/(m^2.K)]$

#### **.4.2 Přesný výpočet tepelných ztrát**

Výpočet ztráty nám udává norma ČSN EN 12831 – Tepelné soustavy v budovách – Výpočet tepelného výkonu. Tato norma počítá tepelné ztráty pro každou místnost zvlášť. Skládá se ze stráty prostupem a větráním. Vypočteme potřebný tepelný výkon

$$\Phi_i = \Phi_{T,i} + \Phi_{V,i}$$

$\Phi_i$  Celková tepelná ztráta

$\Phi_{T,i}$  Tepelná ztráta prostupem

$\Phi_{V,i}$  Tepelná ztráta větráním

#### **Výpočet tepelné ztráty prostupem**

$$\Phi_{T,i} = (H_{T,ie} + H_{T,iue} + H_{T,ig} + H_{T,ij}) \cdot (\theta_{int,i} - \theta_e)$$

$\theta_{int,i}$  Výpočtová (návrhová) teplota interiéru

$\theta_e$  Nejnepříznivější (návrhová) teplota exteriéru

$$H_{T,ie} = \Sigma (A_k \cdot U_k \cdot e_k) + (\Sigma \psi_l \cdot l_l \cdot e_i + \Sigma \chi_i \cdot e_i)$$

$H_{T,ie}$  Měrná tepelná ztráta z vytápěného prostoru do venkovního prostředí

$A_k$  Plocha ochlazované konstrukce

$U_k$  Součinitel přestupu tepla ochlazované konstrukce

$e_k, e_i$  Korekční součinitelé

$l_l$  Délka lineárního tepelného mostu

$\psi_i$  Činitel lineárního prostupu tepla tepelného mostu

$\chi_i$  Bodový činitel prostupu tepla

$$H_{T,iue} = \sum (A_k \cdot U_k \cdot b_u) + \sum (\psi_i \cdot l_i \cdot b_u)$$

$$b_u = (\theta_{int,i} - \theta_u) / (\theta_{int,i} - \theta_e)$$

$H_{T,iue}$  Měrná tepelná ztráta do nevytápěného prostoru

$b_u$  Součinitel redukce teploty

$\theta_u$  Teplota nevytápěného prostoru

$$H_{T,ij} = \sum (f_{ij} \cdot A_k \cdot U_k)$$

$$f_{ij} = (\theta_{int,i} - \theta_j) / (\theta_{int,i} - \theta_e)$$

$H_{T,ij}$  Měrná tepelná ztráta do vytápěného prostoru s odlišnou teplotou

$f_{ij}$  Součinitel redukce teploty

$\theta_j$  Teplota vytápěného prostoru s odlišnou teplotou

$$H_{T,ig} = f_{g1} \cdot f_{g2} \cdot (\sum A_k \cdot U_{equie,k}) \cdot G_w$$

$$f_{g1} = 1,45$$

$$f_{g2} = (\theta_{int,i} - \theta_{m,e}) / (\theta_{int,i} - \theta_e)$$

$H_{T,ij}$  Měrná tepelná ztráta do zeminy

$f_{g1}$  Opravný součinitel, uvažující vliv roční změny průběhu venkovní teploty

$f_{g2}$  Opravný součinitel, zahrnující rozdíl mezi roční průměrnou venkovní teplotou a výpočtovou venkovní teplotou

$G_w$  Opravný součinitel na vliv spodní vody (méně než 1m od úrovně terénu se uvažuje 1,15, jinak je roven 1)

$U_{equie,k}$  Ekvivalentní součinitel přestupu tepla konstrukce v kontaktu se zeminou (určí se podle tabulek v ČSN EN 12831 v závislosti na vzdálenosti podlahy od terénu)

$\theta_{m,e}$  Průměrná roční výpočtová teplota

### **Výpočet tepelné ztráty větráním**

$$\Phi_{V,i} = H_{V,i} \cdot (\theta_{int,i} - \theta_e)$$

$$H_{V,i} = V_i \cdot \rho \cdot c = V_i \cdot 0,34$$

$$V_i = \max \{ V_{inf,i} ; V_{min,i} \}$$

$H_{V,i}$  Měrná tepelná ztráta větráním

$\rho$  Hustota vzduchu

$c$  Měrná tepelná kapacita vzduchu

$V_{inf,i}$  Množství vzduchu z infiltrace pláštěm budovy

$V_{min,i}$  Nejmenší požadované množství vzduchu z hygienických důvodů

$$V_{min,i} = n_{min} \cdot V_m$$

$n_{min}$  Hygienické minimum výměny vzduchu

$V_m$  Objem místnosti

$$V_{inf,i} = 2 \cdot V_m \cdot n_{50} \cdot e_i \cdot \varepsilon_i$$

$n_{50}$  Hodnota intenzity výměny vzduchu při rozdílu tlaku 50Pa

$e_i$  Stínící součinitel

$\varepsilon_i$  Korekční součinitel na výšku od úrovně terénu

#### A.4.3 Výpočet skutečného výkonu otopného tělesa

Otopné tělesa navrhujeme dle tepelných ztrát jednotlivých místností. Postup návrhu je takový, že musíme u výrobce dohledat výkony jednotlivých těles. Ty jsou uvedeny v tabulkách a byly změřeny dle příslušných norem. Posléze musíme výkony opravit opravnými součiniteli, kteří zohledňují umístění a připojení jednotlivých těles. Výsledný instalovaný výkon by měl být asi o 10% větší než potřebný.

$$Q_{T,skut} = Q_T \cdot \varphi \cdot Z_1 \cdot Z_2 \cdot Z_3$$

$Q_{T,skut}$  Skutečný výkon tělesa

$Q_T$  Výkon tělesa udávaný výrobcem

$\varphi$  Součinitel zahrnující způsob připojení těles

$Z_1$  Součinitel zahrnující zákryt a umístění tělesa

$Z_2$  Součinitel na počet článků (délku tělesa)

$Z_3$  Součinitel na umístění tělesa v místnosti

#### A.4.4 Dimenzování a hydraulické posouzení potrubí

Cílem je navrhnout potrubí tak, aby rychlosti v potrubí byly maximálně 1 m/s při přijatelných tlakových ztrátách. V kotelně můžeme rychlost navýšit až na 1,5 m/s. Při vyšších rychlostech vznikají nežádoucí akustické jevy. Tlaková ztráta se dělí na ztrátu v přímých úsecích a vraženými odpory.

$\Delta p = \Delta p_\lambda + \Delta p_\xi$  Celková tlaková ztráta v úseku

$$\Delta p_\lambda = R \cdot l = \lambda \cdot l / d \cdot w^2 / 2 \cdot \rho$$

$\Delta p_\lambda$  Tlaková ztráta třením

R Měrná tlaková ztráta třením (z tabulek nebo diagramů)

l délka potrubí

$\lambda$  Součinitel tření, závislý na Re a na poměrné drsnosti

d Vnitřní profil potrubí

$\rho$  hustota vody

w rychlost proudící vody v potrubí

$$\Delta p_\xi = Z = \sum \xi \cdot w^2 / 2 \cdot \rho$$

$\Delta p_\xi$  Tlaková ztráta místními odpory

$\xi$  Součinitel místního odporu

#### A.4.5 Dimenzování zdroje tepla

Zdroj tepla musí být navržen tak aby pokryl všechny potřeby objektu, pro které je navržen. Ať už vytápění, tak příprava TV, vzduchotechnika, či jiné technologie. Tyto výkony sečteme a můžeme výsledný výkon snížit váhovým součinitelem, v případě že je to možné.

#### A.4.6 Dimenzování oběhového čerpadla

Čerpadlo musí mít dostatečný výkon, tak aby bylo schopno překonat tlakovou ztrátu potrubí.

V dnešní době je efektivní řešení čerpadlo s frekvenčním měničem, které je sice v pořizovacích

nákladech dražší ale v průběhu životnosti se náklady vrátí brzy, a pak už oproti běžnému čerpadlu šetří provozní náklady. Já sem ve své práci použil čerpadla firmy Grundfos a byly navržena programem WEBCAPS, který navrhuje čerpadla efektivně i s vykreslením všech pracovních diagramů čerpadla a pracovního bodu systému.

#### **A.4.7 Dimenzování pojistného zařízení**

Pojistné zařízení se skládá z 2 částí. Pojistného ventilu a expanzní nádoby.

##### Pojistný ventil

Ventil se navrhuje na takový tlak, aby nedošlo k porušení některé z částí systému. Proto musíme u každého z prvku zjistit jeho maximální přetlak a vybrat ten nejnižší ze všech. Od toho musíme odečíst ještě hydrostatickou výšku od tzv. manometrické roviny.

##### Expanzní nádoba

Expanzní nádoba slouží v systému proto, aby udržovala neustálý tlak a pohlcovala expanzi topné vody při jejím zahřátí. Pro její výpočet je nutno znát celkový objem otopné vody, hydrostatickou výšku soustavy a maximální teplotu média.

$$V_e = 1,3 \cdot V_0 \cdot n$$

$V_e$  Expanzní objem

$n$  roztažnost

$V_0$  objem vody v soustavě

$$V_{ep} = (V_e \cdot (p_{hp} + 100)) / (p_{hp} - p_d) =$$

$V_{ep}$  velikost expanzní nádoby

$p_{hp}$  horní přetlak v soustavě = otevírací

$p_d$  minimální přetlak v soustavě =  $1,1 \cdot g \cdot h \cdot \rho$

#### **A.4 ŘEŠENÍ VYUŽÍVAJÍCÍ VÝPOČETNÍ TECHNIKU**

V práci byly použity programy Excel pro výpočty a tvoření grafů.

Pro tvoření výkresové části byl použit software Autocad 2011

..

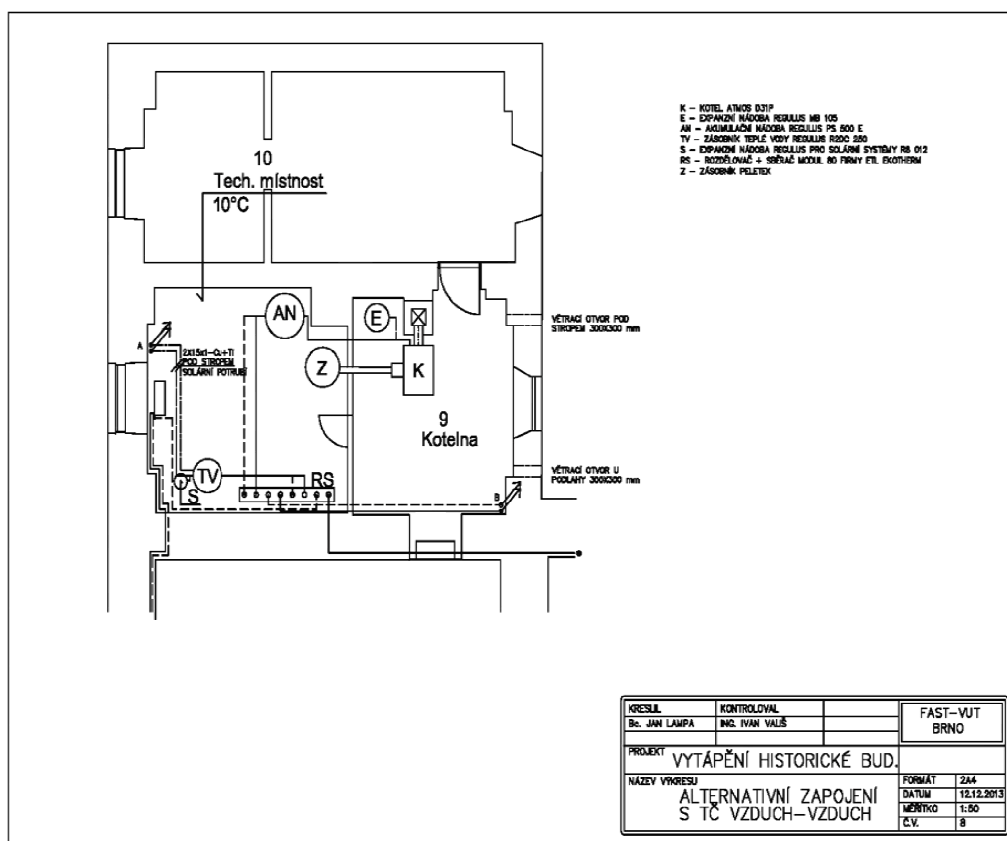
## **B – APLIKACE TÉMATU – KONCEPČNÍ ŘEŠENÍ**



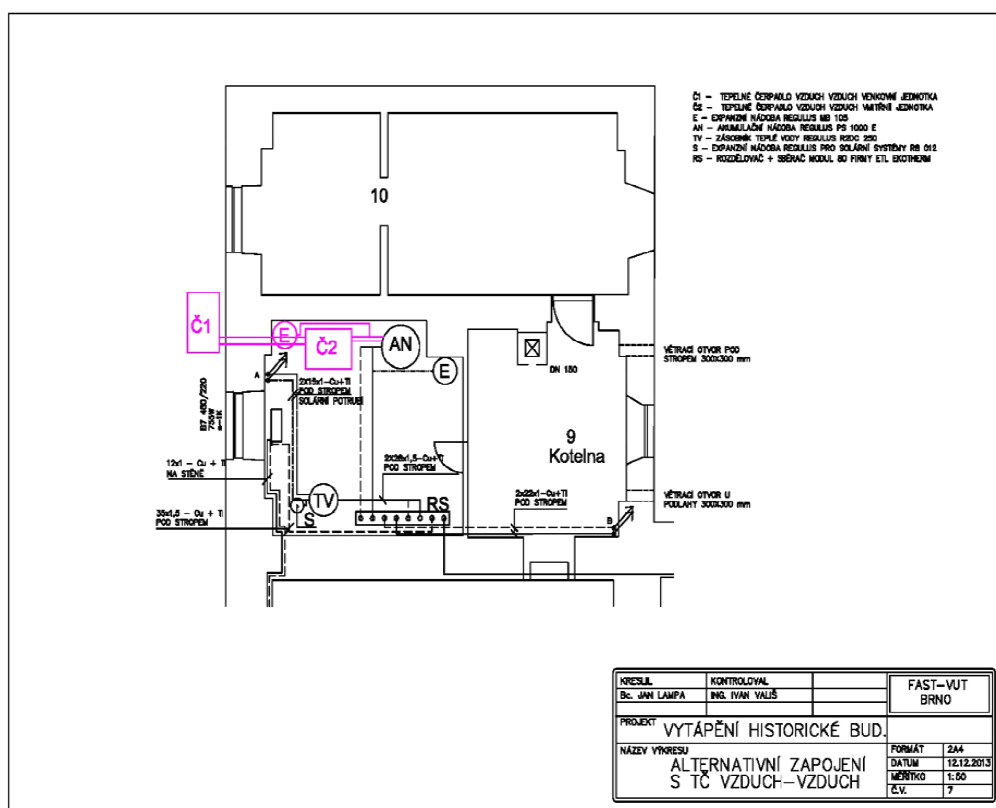
## B.1 NÁVRH TECHNICKÉHO ŘEŠENÍ

Byly zpracovány dvě varianty na zdroj energie pro vytápění a přípravu teplé vody v zimě. V první variantě je jako zdroj tepla automatický kotel na peletky napojen na akumulční nádobu a dále pak do otopné soustavy. V druhé variantě je navrženo tepelné čerpadlo vzduch-voda rovněž napojeno na akumulční nádobu a dále do systému

### B.1.1 Návrh 1. varianty – Automatický kotel na peletky



### B.1.2 Návrh 2. varianty – tepelné čerpadlo vzduch - voda



## **B.2 IDEOVÉ ŘEŠENÍ NAVAZUJÍCÍCH PROFESÍ TZB**

### Vodovod

V obou variantách musí být zbudováno připojení pro napojení zásobníkového ohřívače na vodovod.

### Kanalizace

V případě 1. i 2. varianty musí být zbudováno podlahová vpust' pro případ, že dojde k poruše systému a úniku otopné vody.

### Vzduchotechnika

Projekt řeší pouze přirozené větrání kotelny v 1. Variantě, kdy musí být vytvořeny otvory 300x300mm. Dále pak je nutné podtlakové větrání hygienických zařízení.

## **B.3 HODNOCENÍ NAVRŽENÝCH VARIANT**

### **B.3.1 Z hlediska vnitřního prostředí**

V 1. variantě je možný únik dýmu či prachu do sousední místnosti, v době vynášení popela.

V 2. Variantě toto nehrozí. Obě varianty jsou navrženy tak aby nepronikal žádný hluk do obytné části budovy.

### **B.3.2 Z hlediska uživatelského komfortu**

V 1. variantě (kotel na peletky) bude nutno cca jednou týdně dosypávat palivo do zásobníku. A cca jednou měsíčně vysypávat popel. Z důvodu potřeby peletek je i nutno tuto surovinu nakoupit, dovést a uložit do skladu sousedícím bezprostředně vedle kotelny

V 2. variantě je systém plně soběstačný, až na pravidelnou údržbu dle požadavků výrobce

### **B.3.3 Z hlediska prostorových nároků**

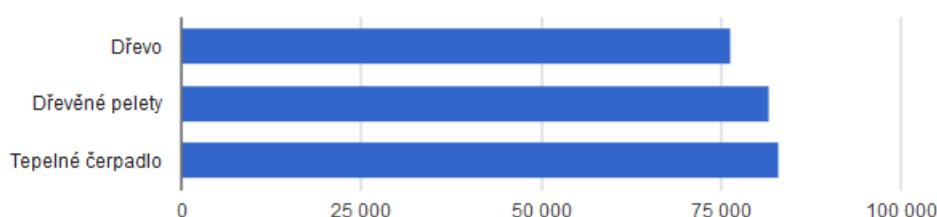
Obě varianty jsou z hlediska prostorových nároků podobné. Ovšem varianta s tepelným čerpadlem potřebuje umístit venkovní jednotku, která by hyzdila zámeček a jeho rustikální okolí se zahradou a hospodářstvím, v čemž je největší nevýhoda této varianty.

### B.3.4Z hlediska ekonomiky provozu

Propočet dle tzb-info.cz

Roční provoz, zohledňující pořízení, provoz i údržbu

Dřevo	76 521,00 Kč
Kotel na peletky	81 847,00 Kč
Tepelné čerpadlo, topný faktor 3,1	83 130,00 Kč



Z grafu lze vidět, výsledné cenové hladiny jsou srovnatelné. Mírně lepších výsledků dosahuje kotel a další výhodou je, že se může topit i kusovým dřevem, což umožní další úsporu. Dalším faktorem je vysoká pořizovací cena tepelného čerpadla.

### B.3.5Z hlediska dopadu na životní prostředí

Obě varianty mají minimální dopad na životní prostředí. První varianta sice vypouští spaliny, ale ty nejsou klasifikovány jako závadné. Druhá varianta sice spaliny nevypouští ale při výrobě primární elektřiny v elektrárnách, které jsou u nás hlavně uhelné, vznikají spaliny také. A jak už bylo zmíněno, je nutná venkovní jednotka, která se do místního prostředí nehodí.

## B.4 KONEČNÉ HODNOCENÍ

### Hodnocení 1. varianty – Automatický kotel na peletky

Pro tuto variantu je příznivá pořizovací cena, možnost topení i kusovým dřevem, nižší celkové provozní náklady a sympatie investora.

Nevýhodou je občasné doplňování paliva do zásobníku a vynášení popela. I toto by se dalo v budoucnu omezit, přidáním zásobníkového vaku do vedlejší místnosti, kde je dostatek prostoru. Další nevýhodou je možnost vniknutí nečistot do vedlejší místnosti, ve které je kuchyně.

#### Hodnocení 2. varianty – Tepelné čerpadlo vzduch-voda

Tato varianta má oproti první dvě výhody ale i zápory. První výhoda je naprosto automatický chod bez potřeby obsluhy a tudíž ještě větší usnadnění pro majitele. Druhou výhodou je nemožnost vniknutí nečistot do vedlejších místností.

Nevýhodami jsou potřeba druhého zdroje umístěného v akumulční nádobě a to už při teplotách okolo -5 až -8 stupňů dle návrhu. Potřeba větší akumulční nádoby, z důvodu nižšího počtu startu kompresoru. Při vyšších počtech startů je kompresor náchylnější na poruchy a kazí se. Dále pak je možnost úniku chladiva z okruhu, již zmiňovaná venkovní část čerpadla a v neposlední řadě vysoká pořizovací cena.

#### Výsledné rozhodnutí

Po zvážení všech dílčích aspektů, které byly rozhodující sem došel k názoru, že obě varianty mají své klady a zápory v takových mezích, že nelze jednoznačně označit lepší z variant. Ale po zvážení všech kritérií a rozhodnutí majitele bylo rozhodnuto a jako lepší z variant byla vybrán Automatický kotel na peletky, na který je zpracován i následný projekt.

## **C – TECHNICKÉ ŘEŠENÍ VYBRANÉ VARIANTY**

## C.1 VÝPOČET TEPELNÉHO VÝKONU

### C.1.1 Výpočet součinitele prostupu tepla konstrukcemi

Výpočet je proveden dle ČSN 73 0540-2 2011 – Tepelné ochrana budov. Součinitele prostupu tepla byly porovnány s hodnotami normovými dle ČSN 73 5040-2.

#### Obvodová stěna tloušťky 1020 cihelna část

NÁZEV VRSTVY	TL	$\lambda$	R
VENKOVNÍ OMÍTKA	0,020	0,880	0,023
ZDIVO Z CPP	0,980	0,800	1,225
VNITŘNÍ OMÍTKA	0,020	0,800	0,025
		R	1,273
		R <sub>si</sub>	0,130
		R <sub>se</sub>	0,040
TEPELNÝ ODPOR KCE		R <sub>tot</sub>	1,443
SOUČINITEL TEP. VOD.		U	<b>0,693</b>
		U <sub>N,20</sub>	0,300
		U <sub>rec,20</sub>	<b>0,250</b>

#### Obvodová stěna tloušťky 1020 kamenná část

NÁZEV VRSTVY	TL	$\lambda$	R
VENKOVNÍ OMÍTKA	0,020	0,880	0,023
ZDIVO Z PÍSKOVCE	0,980	1,400	0,700
VNITŘNÍ OMÍTKA	0,020	0,800	0,025
		R	0,748
		R <sub>si</sub>	0,130
		R <sub>se</sub>	0,040
TEPELNÝ ODPOR KCE		R <sub>tot</sub>	0,918
SOUČINITEL TEP. VOD.		U	<b>1,090</b>
		U <sub>N,20</sub>	0,300
		U <sub>rec,20</sub>	<b>0,250</b>

**Vnitřní nosná stěna tloušťky 300mm**

NÁZEV VRSTVY	TL	$\lambda$	R
VNITŘNÍ OMÍTKA	0,020	0,800	0,025
ZDIVO Z CPP	0,300	0,800	0,375
VNITŘNÍ OMÍTKA	0,020	0,800	0,025
		R	0,425
		R <sub>si</sub>	0,130
		R <sub>si</sub>	0,130
TEPELNÝ ODPOR KCE		R <sub>tot</sub>	0,685
SOUČINITEL TEP. VOD.		U	<b>1,460</b>
		U <sub>N,20</sub>	2,700
		U <sub>rec,20</sub>	<b>1,800</b>

**Vnitřní nosná stěna tloušťky 950mm**

NÁZEV VRSTVY	TL	$\lambda$	R
VNITŘNÍ OMÍTKA	0,020	0,800	0,025
TVÁRNICE POROTHERM	0,950	0,800	1,720
VNITŘNÍ OMÍTKA	0,020	0,800	0,025
		R	1,770
		R <sub>si</sub>	0,130
		R <sub>si</sub>	0,130
TEPELNÝ ODPOR KCE		R <sub>tot</sub>	2,030
SOUČINITEL TEP. VOD.		U	<b>0,493</b>
		U <sub>N,20</sub>	2,700
		U <sub>rec,20</sub>	<b>1,800</b>

**Příčka tloušťky 100mm**

NÁZEV VRSTVY	TL	$\lambda$	R
VNITŘNÍ OMÍTKA	0,025	0,800	0,031
TVÁRNICE POROTHERM	0,065	0,800	0,081
VNITŘNÍ OMÍTKA	0,020	0,800	0,025
		R	0,138
		R <sub>si</sub>	0,130
		R <sub>si</sub>	0,130
TEPELNÝ ODPOR KCE		R <sub>tot</sub>	0,398
SOUČINITEL TEP. VOD.		U	<b>2,516</b>
		U <sub>N,20</sub>	2,700
		U <sub>rec,20</sub>	<b>1,800</b>



**Střecha**

NÁZEV VRSTVY	TL	$\lambda$	R
SDK DESKY	0,012	0,210	0,057
ISOVER UNI 5	0,050	0,035	1,429
ISOVER UNI 20	0,200	0,035	5,714
		R	7,200
		R <sub>si</sub>	0,100
		R <sub>se</sub>	0,040
TEPELNÝ ODPOR KCE		R <sub>tot</sub>	7,340
SOUČINITEL TEP. VOD.		U	<b>0,136</b>
		U <sub>N,20</sub>	0,240
		U <sub>rec,20</sub>	<b>0,160</b>

**Podlaha na zemině**

NÁZEV VRSTVY	TL	$\lambda$	R
CEMENTOVA MAZANINA	0,100	1,100	0,091
KERAMICKÁ DLAŽBA	0,040	1,010	0,040
		R	0,131
		R <sub>si</sub>	0,170
		R <sub>se</sub>	0,000
TEPELNÝ ODPOR KCE		R <sub>tot</sub>	0,301
SOUČINITEL TEP. VOD.		U	<b>3,328</b>
		U <sub>N,20</sub>	0,450
		U <sub>rec,20</sub>	<b>0,300</b>

**Strop**

NÁZEV VRSTVY	TL	$\lambda$	R
VC OMÍTKA	0,020	0,800	0,025
CIHELNÁ KLENBA	0,300	0,800	0,375
HLÍNĚNÝ NÁSYP	0,100	1,500	0,067
PRKNA	0,025	0,180	0,139
DŘEVĚNNÉ VLISY	0,015	0,180	0,083
		R	0,689
		R <sub>si</sub>	0,100
		R <sub>se</sub>	0,040
TEPELNÝ ODPOR KCE		R <sub>tot</sub>	0,829
SOUČINITEL TEP. VOD.		U	<b>1,206</b>
		U <sub>N,20</sub>	0,600
		U <sub>rec,20</sub>	<b>0,400</b>

**Přehled**

Konstrukce	U	U <sub>N,20</sub>	U <sub>rec,20</sub>
Obvodová stěna z CPP	0,693	0,300	0,250
Obvodová stěna z pískovce	1,090	0,300	0,250
Vnitřní nosná stěna tl 300 mm	1,460	2,7	1,8
Vnitřní nosná stěna tl 950	0,493	2,7	1,8
Příčka tloušťky 100mm	2,516	2,7	1,8
Střecha	0,136	0,240	0,160
Podlaha na zemině	3,328	0,450	0,300
Strop nad nevytápěným suterénem	1,206	0,600	0,400

**C.1.2 Energetický štítek obálky budovy****Původní stav**

Referenční budova

Hodnocená budova

Konstrukce	Plocha a A[m2]	Součinitel prostupu tepla U [W/(m2K)]	Redu- kční činitel b	Měrná ztrata prostupem tepla H <sub>T</sub>	Plocha a A[m2]	Součinitel prostupu tepla U [W/(m2K)]	Redu- kční činitel b	Měrná ztrata prostupu m tepla HT
Obvodová stěna CPP	187,95	0,30	1,00	56,39	187,95	0,69	1,00	130,25
Obvodová stěna Kámen	39,50	0,30	1,00	11,85	39,50	1,09	1,00	43,06
Okna	51,80	1,50	1,00	77,70	51,80	1,20	1,00	62,16
Dveře	7,00	1,50	1,00	10,50	7,00	1,50	1,00	10,50
Střecha	395,00	0,24	1,00	94,80	395,00	0,14	1,00	53,72
Střešní okna	20,00	1,40	1,00	28,00	20,00	1,20	1,00	24,00
Podlaha na ter	274,00	0,45	0,43	53,02	274,00	1,30	0,43	153,17
Celkem	975,25			332,25	975,25			476,85
Tepelné vazby				19,51	47,69			
Celková měrná ztráta prostupem tepla				351,76	524,54			
Průměrný součinitel prosupu tepla podle 5.3.4 a tabulky 5		U <sub>em</sub> =Σ(U <sub>n,i</sub> .A.b <sub>i</sub> )/ΣAa +0,02			0,54  <b>Nevyhovuje požadované hodnotě</b>			
		0,38	doporučená 0,285					
Klasifikační třída obálky dle přílohy				0,54/0,38=1,421	Třída D - Nevhovující			

# ERGETICKÝ ŠTÍTEK OBÁLKY BUDOVY

Typ budovy, místní označení: bytový dům					Hodnocení obálky	
Adresa budovy:					budovy	
Celková podlahová plocha $A_c = 471,5 \text{ m}^2$					stávající	doporučení
$CI$	Velmi úsporná				<div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div></div> <div><math>CI_x</math></div>	<div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div></div> <div><math>CI_y</math></div>
0,5	A					
0,75	B					
1,0	C					
1,5	D					
2,0	E					
2,5	F					
G						
Mimořádně ne hospodárná						
Průměrný součinitel prostupu tepla obálky budovy $U_{em}$ ve $W/(m^2.K)$ $U_{em}=H_T/A$					0,54	
Požadovaná hodnota průměrného součinitele prostupu tepla obálky budovy podle ČSN 73 0540-2 $U_{em,N}$ ve $W/(m^2.K)$					0,38	
Klasifikační ukazatele $CI$ a jim odpovídající hodnoty $U_{em}$						
$CI$	0,5	0,75	1,00	1,5	2,0	2,50
$U_{em}$	0,21	0,32	0,42	0,63	0,84	1,1

Platnost štítku do: 19.12.2023	Datum: 19.12.2013
Štítek vypracoval:	Jméno a příjmení: Jan Lampa
	Klasifikace: Budova spadá do třídy D

### C.1.3 Energetický štítek obálky budovy – výpočet dle možností změny obvodového pláště.

#### Omítnuto tepelně izolační omítkou

##### Obvodová stěna tloušťky 1020 cihelna část

NÁZEV VRSTVY	TL	$\lambda$	R
VENKOVNÍ OMÍTKA tep. Iz.	0,020	0,060	0,333
ZDIVO Z CPP	0,980	0,800	1,225
VNITŘNÍ OMÍTKA	0,020	0,060	0,333
		R	1,892
		R <sub>si</sub>	0,130
		R <sub>se</sub>	0,040
TEPELNÝ ODPOR KCE		R <sub>tot</sub>	2,062
SOUČINTEL TEP. VOD.		U	<b>0,485</b>
		U <sub>N,20</sub>	0,300
		U <sub>rec,20</sub>	<b>0,250</b>

##### Obvodová stěna tloušťky 1020 kamenná část

NÁZEV VRSTVY	TL	$\lambda$	R
VENKOVNÍ OMÍTKA	0,020	0,060	0,333
ZDIVO Z PÍSKOVCE	0,980	1,400	0,700
VNITŘNÍ OMÍTKA	0,020	0,060	0,333
		R	1,367
		R <sub>si</sub>	0,130
		R <sub>se</sub>	0,040
TEPELNÝ ODPOR KCE		R <sub>tot</sub>	1,537
SOUČINTEL TEP. VOD.		U	<b>0,651</b>
		U <sub>N,20</sub>	0,300
		U <sub>rec,20</sub>	<b>0,250</b>

## Referenční budova

## Hodnocená budova

Konstrukce	Plocha a A[m2]	Součinitel prostupu tepla U [W/(m2K)]	Redukč ní činitel b	Měrná ztrata prostupem tepla H <sub>T</sub>	Plocha A[m2]	Součinitel prostupu tepla U [W/(m2K)]	Redukč ní činitel b	Měrná ztrata prostupe m tepla HT
Obvodová stěna CPP	187,95	0,30	1,00	56,39	187,95	0,49	1,00	91,16
Obvodová stěnaKámen	39,50	0,30	1,00	11,85	39,50	0,65	1,00	25,71
Okna	51,80	1,50	1,00	77,70	51,80	1,20	1,00	62,16
Dveře	7,00	1,50	1,00	10,50	7,00	1,50	1,00	10,50
Střecha	395,00	0,24	1,00	94,80	395,00	0,14	1,00	53,72
Střešní okna	20,00	1,40	1,00	28,00	20,00	1,20	1,00	24,00
Podlaha na ter	274,00	0,45	0,43	53,02	274,00	1,30	0,43	153,17
Celkem	975,25			332,25	975,25			420,42
Tepelné vazby				19,51				42,04
Celková měrná ztráta prostupem tepla				351,76				462,46
Průměrný součinitel prosupu tepla podle 5.3.4 a tabulky 5		U <sub>em</sub> =Σ(U <sub>n,i</sub> ·A·b <sub>i</sub> )/ΣAa +0,02			0,47  Nevyhovuje požadované hodnotě			
		0,38		doporučená 0,285				
Klasifikační třída obálky dle přílohy				0,47/0,38 =1,245	Třída D - Nevhovující			

Obaleno izolací

Obvodové stěny      EPS s přidavkem grafitu      tl=200 mm       $\lambda=0,032 \text{ W/(m}^2\cdot\text{K)}$

Sokl      XPS      tl=140mm       $\lambda=0,035 \text{ W/(m}^2\cdot\text{K)}$

**Obvodová stěna tloušťky 1020 cihelna část**

NÁZEV VRSTVY	TL	$\lambda$	R
VENKOVNÍ OMÍTKA	0,010	1,000	0,010
EPS - grafitový	0,200	0,032	6,250
ZDIVO Z CPP	0,980	0,800	1,225
VNITŘNÍ OMÍTKA	0,020	0,800	0,025
		R	7,510
		R <sub>si</sub>	0,130
		R <sub>se</sub>	0,040
TEPELNÝ ODPOR KCE		R <sub>tot</sub>	7,680
SOUČINITEL TEP. VOD.		U	<b>0,130</b>
		U <sub>N,20</sub>	0,300
		U <sub>rec,20</sub>	<b>0,250</b>

**Obvodová stěna tloušťky 1020 kamenná část**

NÁZEV VRSTVY	TL	$\lambda$	R
VENKOVNÍ OMÍTKA	0,010	1,000	0,010
XPS	0,140	0,035	4,000
ZDIVO Z PÍSKOVCE	0,980	1,400	0,700
VNITŘNÍ OMÍTKA	0,020	0,800	0,025
		R	4,735
		R <sub>si</sub>	0,130
		R <sub>se</sub>	0,040
TEPELNÝ ODPOR KCE		R <sub>tot</sub>	4,905
SOUČINTEL TEP. VOD.		U	<b>0,204</b>
		U <sub>N,20</sub>	0,300
		U <sub>rec,20</sub>	<b>0,250</b>

**Referenční  
budova****Hodnocená budova**

Konstrukce	Plocha A[m2]	Součinite l prostupu tepla U [W/(m2K)]	Redukč -ní činitel b	Měrná ztrata prostupem tepla H <sub>T</sub>	Plocha A[m2]	Součinitel prostupu tepla U [W/(m2K)]	Redukč- ní činitel b	Měrná ztrata prostupem tepla HT
Obvodová stěna CPP	187,95	0,30	1,00	56,39	187,95	0,13	1,00	24,43
Obvodová stěna Kámen	39,50	0,30	1,00	11,85	39,50	0,20	1,00	7,90
Okna	51,80	1,50	1,00	77,70	51,80	1,20	1,00	62,16
Dveře	7,00	1,50	1,00	10,50	7,00	1,50	1,00	10,50
Střecha	395,00	0,24	1,00	94,80	395,00	0,14	1,00	53,72
Střešní okna	20,00	1,40	1,00	28,00	20,00	1,20	1,00	24,00
Podlaha na ter	274,00	0,45	0,43	53,02	274,00	1,30	0,43	153,17
Celkem	975,25			332,25	975,25			335,88
Tepelné vazby				19,51	33,59			
Celková měrná ztráta prostupem tepla				351,76	369,47			
Průměrný součinitel prosupu tepla podle 5.3.4 a tabulky 5		U <sub>em</sub> =Σ(U <sub>n,i</sub> .A.b <sub>ij</sub> )/ΣAa +0,02			0,379  <b>Vyhovuje požadované hodnotě</b>			
		0,38		doporučená 0,285				
Klasifikační třída obálky dle přílohy				<b>0,379/0,38 =0,997</b>	<b>Třída C - Vyhovující</b>			

### C.1.4 Výpočet tepelných ztrát místností

Výpočet je proveden dle ČSN EN 12831 - Tepelné soustavy v budovách – Výpočet tepelného výkonu. Uvádím pouze jeden formulář o výpočtu a dále bude uvedena tabulka s vypočtenými hodnotami.

Příklad výpočtu jedné vybrané místnosti:

<b>Místnost č. 1 obývací pokoj</b>							
<b>Výpočet tepelné ztráty prostupem</b>							
<b>Tepelné ztráty přímo do venkovního prostředí</b>							
Stavební konstrukce							
Č.k.	Popis	$A_k$	$U_k$	$\Delta U$	$U_{kc}$	$e_k$	$A_k \cdot U_{kc} \cdot e_k$
S1	Obv. Stěna kámen	25,8	1,09	0,1	1,19	1	30,702
S2	Obv. Stěna cihla	68,5	0,693	0,1	0,793	1	54,3205
O1	Okno	13	1,2	0	1,2	1	15,6
					0		0
<b>Celková tepelná ztráta do venkovního prostředí <math>H_{T,je} = \sum_k A_k \cdot U_{kc} \cdot e_k</math></b>							<b>100,6225</b>
<b>Tepelné ztráty nevytápěným prostorem</b>							
Stavební konstrukce							
Č.k.	Popis	$A_k$	$U_k$	$\Delta U$	$U_{kc}$	$b_u$	$A_k \cdot U_{kc} \cdot b_u$
					0		0
					0		0
<b>Celková tepelná ztráta nevytápěným prostorem <math>H_{T,iue} = \sum_k A_k \cdot U_{kc} \cdot b_u</math></b>							<b>0</b>
<b>Tepelné ztráty z/do prostorů vytápěných na rozdílné teploty</b>							
Stavební konstrukce							
Č.k.	Popis	$A_k$	$U_k$	$f_{ij}$	$A_k \cdot U_k \cdot f_{ij}$		
					0		
					0		
<b>Celková měrná tepelná ztráta do prost. s odl. tep <math>H_{T,ij} = \sum_k A_k \cdot U_k \cdot f_{ij}</math></b>							<b>0</b>

Teplné ztráty zeminou									
Stavební konstrukce									
Č.k.	Popis	A <sub>k</sub>	U <sub>equiv,k</sub>	A <sub>k</sub> ·U <sub>equiv,k</sub>	f <sub>g1</sub>	f <sub>g2</sub>	G <sub>w</sub>		
P1	Podlaha na zemině	90,25	0,68	61,37	1,45	0,45	1		
				0					
(Σ <sub>k</sub> A <sub>k</sub> ·U <sub>equiv,k</sub> )				61,37					
Celková tepelná ztráta zeminou H <sub>T,jg</sub> =(Σ <sub>k</sub> A <sub>k</sub> ·U <sub>equiv,k</sub> )·f <sub>g1</sub> ·f <sub>g2</sub> ·G <sub>w</sub>							40,043925		
Celková měrná tepelná ztráta prostupem H <sub>T,i</sub> =H <sub>T,ie</sub> +H <sub>T,iue</sub> +H <sub>T,ij</sub> +H <sub>T,jg</sub>							140,666425		
					θ <sub>int,i</sub>	θ <sub>e</sub>	θ <sub>int,i</sub> -θ <sub>e</sub>	H <sub>T,j</sub>	Návrhová ztráta prostupem Φ <sub>T,i</sub> (W)
					20	-15	35	140,67	4923,324875
Tepelná ztráta větráním									
Objem místnosti V <sub>i</sub> (m <sup>3</sup> )		172	Počet nechr. Otvorů				6		
Výpočtová venkovní teplota θ <sub>e</sub>		-15	n <sub>50</sub>					4,5	
Výpočtová vnitřní teplota θ <sub>int,i</sub>		20	Činitel zaclonění e				0,03		
Hygien. požadavky	n(h <sup>-1</sup> )	0,5	Výškový kor. Souč. ε				1		
	V <sub>min,i</sub> (m <sup>3</sup> /h)	86	Množs. vz. infiltrací V <sub>inf,i</sub>				46,44		
max z V <sub>min,i</sub> , V <sub>inf,i</sub>		H <sub>v,i</sub>	θ <sub>int,i</sub> -θ <sub>e</sub>	Návrhová tepelná ztráta větráním ΦV <sub>j</sub> (W)					
86		29,24	35	1023					



**Celkové tepelné ztráty**

č. mítnosti	název	ztáta prostupem (W)	ztráta větráním (W)		Celkem (W)
1	Obývací pokoj	4923,3	1023,4	W	5946,7
2	Knihovna	833,4	541,5	W	1374,9
3	Vstupní hala	397,9	327,3	W	725,1
4	Černá kuchyně	1282,8	672,4	W	1955,1
5	Schodiště	204,6	261,8	W	466,4
6	Koupelna	1066,4	1060,8	W	2127,2
7	Pracovna	1244,6	714,0	W	1958,6
8	Kuchyně a jídena	729,5	636,7	W	1366,2
9	Dílna	0,0	0,0	W	0,0
10	Technická místnost	573,2	147,9	W	721,1
12	Schody	575,1	136,9	W	711,9
13	Chodba	645,3	238,0	W	883,3
14	Koupelna	199,4	1060,8	W	1260,2
15	Pokoj	850,0	267,8	W	1117,8
16	Pokoj	814,8	309,4	W	1124,2
17	Ložnice	1013,3	612,9	W	1626,2
18	Pokoj	432,3	285,6	W	717,9
19	Kinosál	1342,2	1225,7	W	2567,9
20	Herna	432,3	249,9	W	682,2

celkové ztáty

17,6

9,8

kW 27,3

kW

**C.2 NÁVRH OTOPNÝCH TĚLES**

Jako otopná tělesa byla zvolena tělesa firmy Viadrus typ Bohemia s nožičkami. Tělesa budu doplněna o růžice Karol, odvětrávací ventily a termostaticky retro ventilem Bohemia.

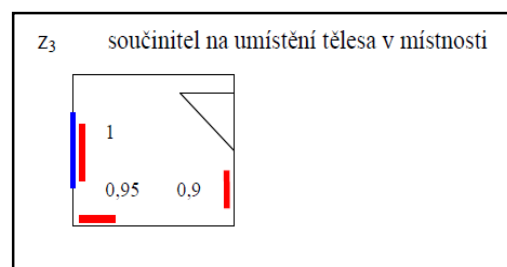
Výpočet skutečného výkonu tělesa:

$$Q_{Tskut} = Q_T \cdot \varphi \cdot z_1 \cdot z_2 \cdot z_3$$

$$Q_{Tskut} > \approx H_T$$

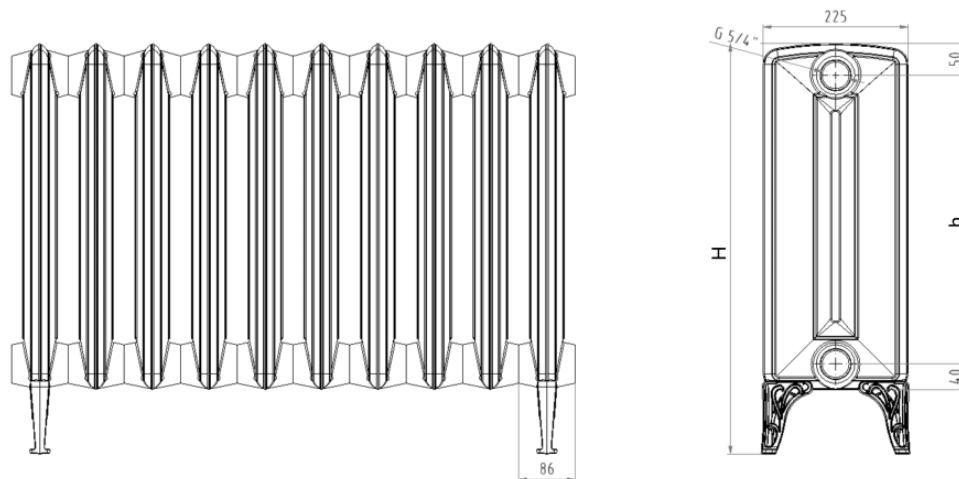
$\varphi$  – součinitel způsobu připojení

$z_1$  – součinitel na úpravu okolí (umístění parapetů apod.)



$z_2$  – součinitel na počet článků

$z_3$  – součinitel na umístění tělesa



Vlastnost	Označení	450/220	450/220 s nohou	800/220	800/220 s nohou
identifikační číslo		33	34	69	70
celková výška	H (mm)	540	640	890	990
rozteč	h (mm)	450	450	800	800
hloubka	B (mm)	225	225	225	225
šířka	L (mm)	86	86	86	86
připojovací závit	"	5/4	5/4	5/4	5/4
hmotnost	M (kg/ks)	9,9	11,4	16,27	17,54
vodní objem	V (dm <sup>3</sup> /ks)	2,4	2,4	4,2	4,2
tepelný výkon	Q <sub>Tn</sub> (W/čl)	110	110	169	169
teplotní exponent		1,2880	1,2880	1,3002	1,3002

č. mítnosti	název	celkem(W)	počet OT	počet článků	výkon 1 OT	φ	Z1	Z2	Výkon celkem (W)
1	Obývací pokoj	5946,7	4	15	1630	1	0,96	1	6259,2
2	Knihovna	1374,9	1	14	1542	1	0,96	1	1480,3
3	Vstupní hala	725,1	1	8	892	1	0,96	0,95	813,5
4	Černá kuchyně	1955,1	1	20	2156	1	0,96	1	2069,8
5	Schodiště	466,4	1	6	682	1	0,96	0,95	622,0
6	Koupelna	2127,2	1	22	2236	1	0,96	1	2146,6
7	Pracovna	1958,6	2	10	1103	1	0,96	1	2117,8
8	Kuchyně a jídelna	1366,2	1	14	1524	1	0,96	1	1463,0
9	Dílna	0,0	1			1	0,96	1	0,0
10	Technická místnost	721,1	1	7	787	1	0,96	1	755,5
		0,0				1		1	0,0

12	Schody	711,9	1	8	892	1	0,96	0,9	770,7
13	Chodba	883,3	1	10	1103	1	0,96	0,9	953,0
14	Koupelna	1260,2	1	14	1419	1	0,96	0,9	1226,0
15	Pokoj	1117,8	2	6	682	1	0,96	1	1309,4
16	Pokoj	1124,2	2	6	682	1	0,96	1	1309,4
17	Ložnice	1626,2	3	5	576	1	1	1	1728,0
18	Pokoj	717,9	1	7	787	1	1	1	787,0
19	Kinosál	2567,9	4	6	682	1	1	1	2728,0
20	Herna	682,2	1	6	682	1	1	1	682,0

celkové ztáty

27,3

Instalovaný  
výkon29,2 kW

### C.3NÁVRH ZDROJE TEPLA

*Výpočet potřebného tepelného výkonu*

Potřebný výkon pro teplovodní vytápění	$\Phi_{VYT}$ [kW]	27,3
Potřebný výkon pro vytápění vzduchotechnikou	$\Phi_{VZT}$ [kW]	0
Potřebný výkon pro ohřev TV	$\Phi_{TV}$ [kW]	2
<b>Celkový potřebný výkon</b>	<b><math>\Phi_{potřebný}</math> [kW]</b>	<b>29,3</b>

Byl navrhnut automatický kotel ATMOS D31P

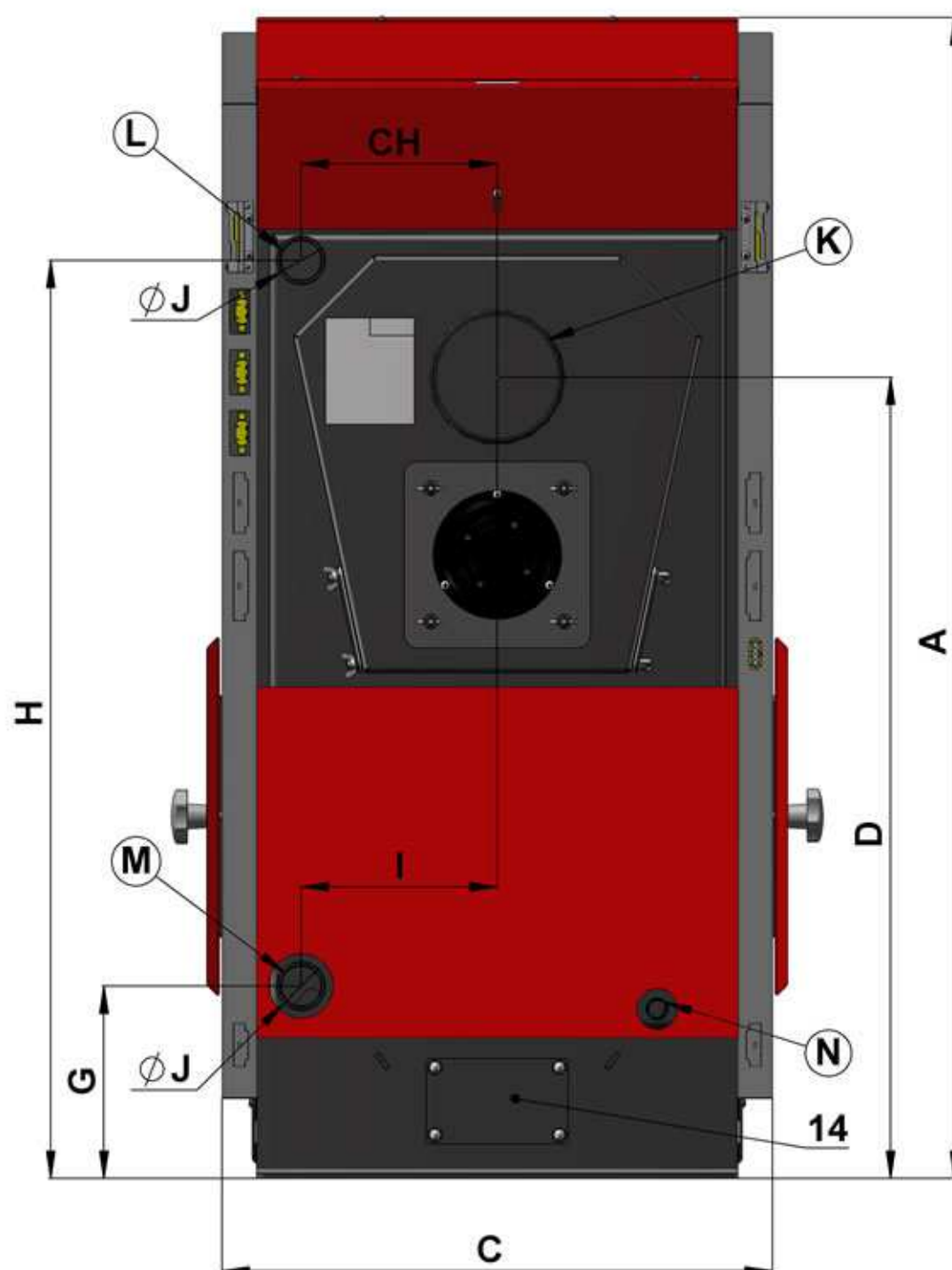
TECHNICKÁ DATA		D14P	D21P	D 25 P	D 31 P	D15P	D20P	D30P	D45P
Výkon kotle	kW	4-14	4 - 19,5	7-24	9-30	4,5 - 15	6,5 - 22	8,9 - 29,8	13,5 - 45
Výhřevná plocha	m <sup>2</sup>	1,7	1,7	2	2,2	1,9	2	2,7	3,6
Objem palivové šachty	dm <sup>3</sup>	88	88	88	132	70	70	105	140
Rozměr plnicího otvoru	mm	270x450	270x450	270x450	270x450	270x450	270x450	270x450	270x450
Předepsaný tah komína	Pa	16	18	22	18	18	15	21	23
Max. prac. přetlak vody	kPa	250	250	250	250	250	250	250	250

Hmotnost kotle	kg	231	231	254	263	289	305	370	430
Průměr odtahového hrdla	mm	152	152	152	152	152	152	152	152
Výška kotle	mm	1207	1207	1207	1307	1405	1405	1405	1405
Šířka kotle	mm	620	620	620	620	606	606	606	606
Hloubka kotle	mm	768	768	868	882	470	470	670	870
Krytí el. části	IP	20				20			
Elektrický příkon - při spuštění	W	522	522	522	520	522	572	530	530
Elektrický příkon									
- při provozu	W	42	42	42	97	42	92	97	97
Účinnost kotle	%	90,3	90,2	90,2	> 90,2	90,4	91,1	92,4	91,1
Teplota spalin při jmenovitém výkonu (pelety)	°C	127	147	151	147	141	128	158	123
Hmot. průtok spalin při jmen. výkonu (pelety)	kg/s	0,011	0,015	0,018	0,026	0,012	0,016	0,025	0,035
Předepsané palivo		kvalitní pelety o průměru 6 - 8 mm o výhřevnosti 15 - 18 MJ.kg-1				kvalitní pelety o průměru 6 - 8 mm o délce 5 až 25 mm a výhřevnosti 16 - 19 MJ.kg-1 (bílé pelety)			
Náhradní palivo pro případ nouze						suché dřevo o výhřevnosti 15 - 17 MJ.kg-1 o obsahu vody 12 - 20 %, průměru 80 - 150 mm			
Průměrná spotřeba paliva - pelet při jm. výkonu	kg.h-1	3,5	4,5	5,4	6,8	3,7	5	8,6	10,6
Max. délka polen						310	310	510	710
Doba hoření při jmenovitém výkonu - na dřevo						2	2	2	2

<b>Objem vody v kotli</b>	l	56	56	62	70	65	82	91	117
<b>Hydraulická ztráta kotle</b>	mbar	0,18	0,18	0,19	0,19	0,22	0,22	0,23	0,24
<b>Minimální objem vyrovnávací nádrže</b>	l	500	500	500	500	500	500	750	1000
<b>Připojovací napětí</b>	V/Hz	230/50				230/50			
<b>Třída kotle dle ČSN EN 303-5</b>		5	5	5	5	5	5	5	5
<b>Dotované kotle v ČR</b>		•	•	•	•	•	•	•	•

TYP	D 14 P	D 21 P	D 25 P	D 31 P	D 15 P	D 20 P	D 30 P	D 40 P	D 50 P
A	1207	1207	1207	1307	1405	1405	1405	1405	1405
B	570	570	670	882	589	652	954	954	1052
C	620	620	620	620	606	606	606	606	606
D	801	801	801	901	1040	848	848	848	848
E	152 (150)	152 (150)	152 (150)	152 (150)	152 (150)	152 (150)	152 (150)	150 (152)	152 (150)
G	215	215	215	215	211	211	211	211	211
H	934	934	934	1034	1163	1163	1163	1163	1163
CH	221	221	221	221	202	202	202	202	202
I	221	221	221	221	-	-	-	-	-
J	6/4"	6/4"	6/4"	6/4"	6/4"	6/4"	6/4"	6/4"	6/4"

## D 31 P



## C.4 DIMENZOVÁNÍ POTRUBÍ, NÁVRH OBĚHOVÝCH ČERPADEL

č.ú	Q (W)	M (kg/h)	l (m)	DN Dxt	R (Pa/m)	w (m/s)	R.l (Pa)	$\Sigma \xi$ (-)	Z (Pa)	$\Delta p_{pv}$	R.l+Z+ $\Delta p_{pv}$ (Pa)	$\Delta p_{dis}$ (Pa)
<b>Dimenzování základního okruhu větve číslo 1 - 1NP</b>												
1	17728	1524,30	13,3	35x1,5	100	0,537	1330	9,5	1338,25	3000,00	5668,25	5668,25
2	2070	177,99	7	12x1	550	0,621	3850	3,3	621,67		4471,67	10139,92
3	3635	312,55	6,6	15x1	450	0,668	2970	3	653,94		3623,94	13763,86
4	5200	447,12	3,8	18x1	315	0,631	1197	1,7	330,65		1527,65	15291,52
5	6765	581,69	7,1	18x1	500	0,821	3550	2,6	856,10		4406,10	19697,61
6	8330	716,25	6,4	22x1	250	0,645	1600	4,3	873,88		2473,88	22171,50
7	9810	843,51	8,3	22x1	330	0,795	2739	6,5	2006,84		4745,84	26917,33
8	10623	913,41	2,55	22x1	380	0,821	969	3,9	1284,15		2253,15	29170,48
9	12771	1098,11	5,8	28x1,5	180	0,63	1044	4,3	833,71		1877,71	31048,19
10	13393	1151,59	5	28x1,5	200	0,668	1000	3,9	850,12		1850,12	32898,31
11	14451	1242,56	5,3	28x1,5	230	0,721	1219	2,6	660,25		1879,25	34777,56
12	15509	1333,53	3,9	28x1,5	260	0,775	1014	1,3	381,43		1395,43	36172,99
13	16972	1459,33	5,5	28x1,5	300	0,84	1650	11,7	4032,82		5682,82	41855,81
14	17728	1524,33	6	35x1,5	100	0,537	600	17,7	2493,37		3093,37	44949,18

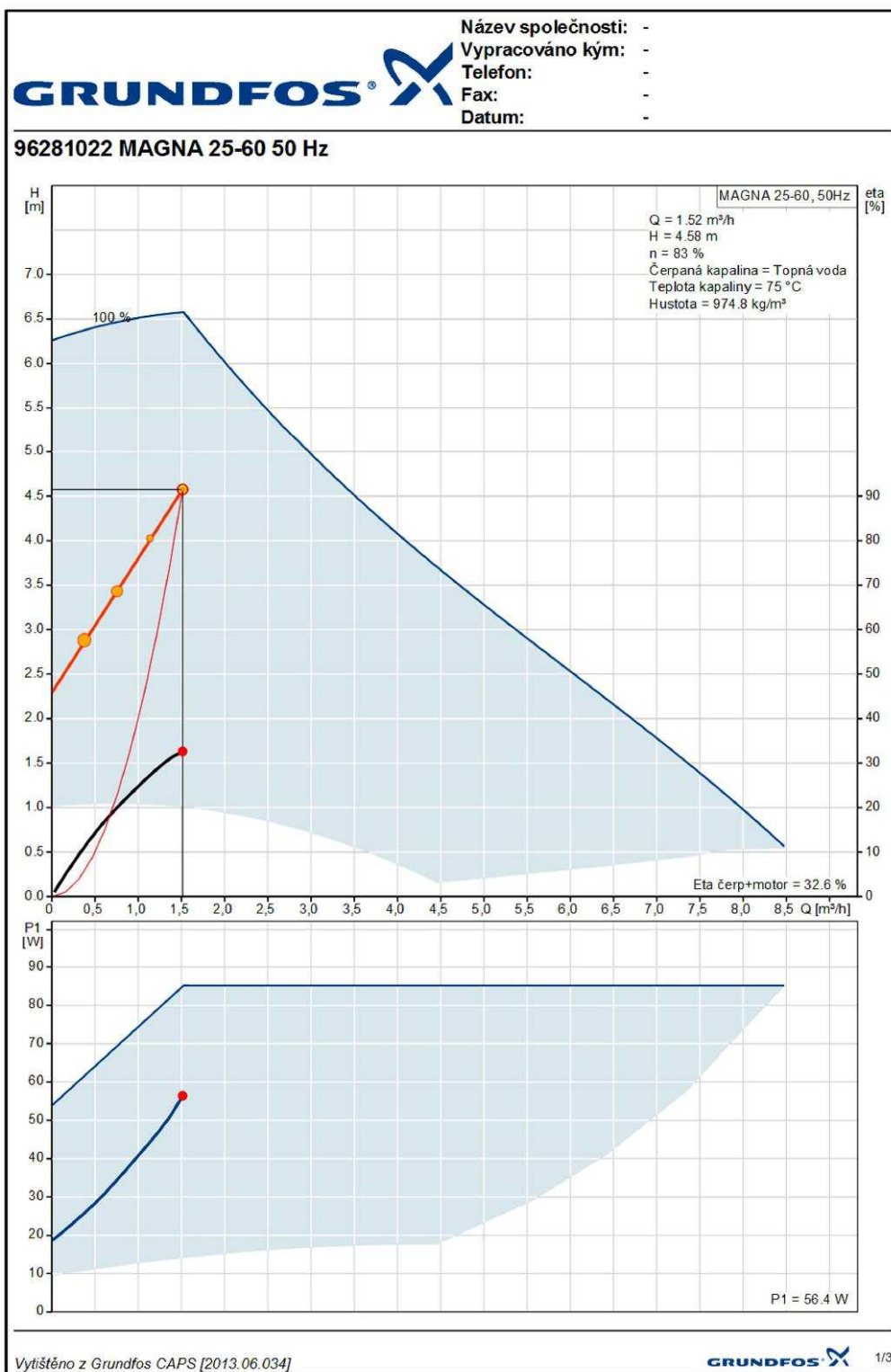
### Oběhové čerpadlo MAGMA 1 25-60

Navrženo dle Grundfos WEBCAPS

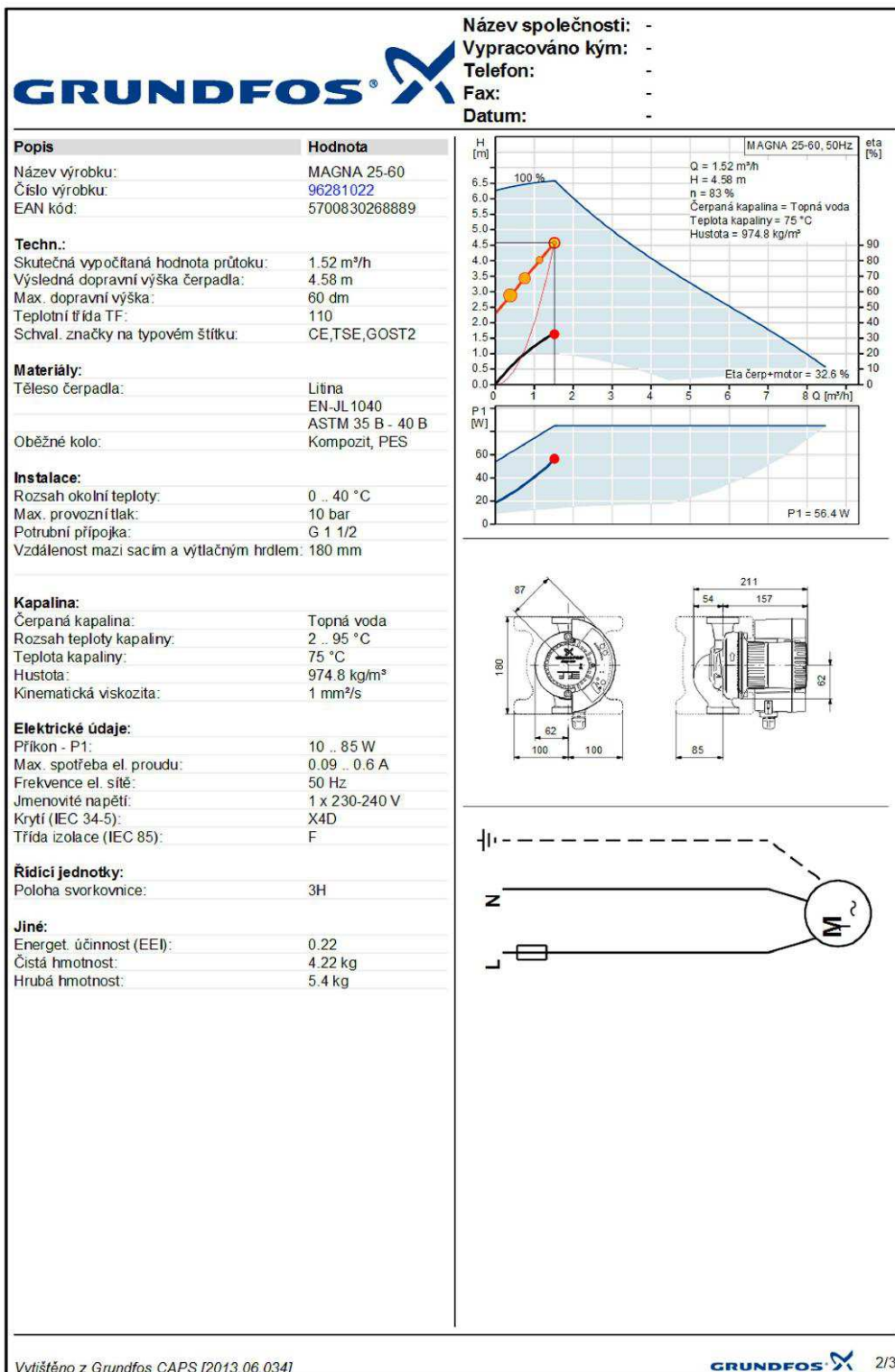
Výpočet  
 $\xi$

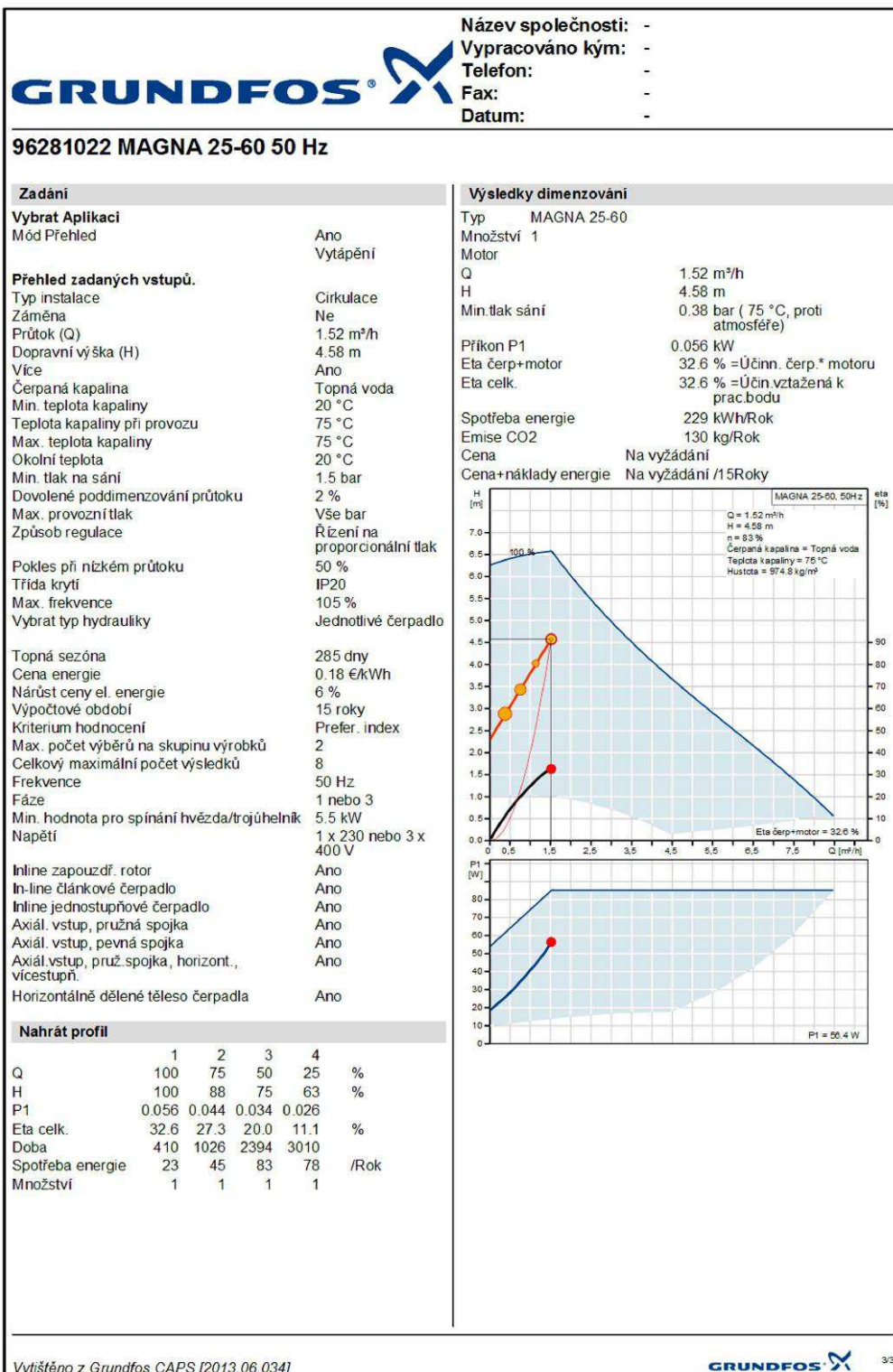
č.ú	koleno	rozbočení	redukce	OT/RS+Zás	$\Sigma$
	1,3	1,3	0,4	3	
1	4	1	0	1	9,5
2		1	5		3,3
3	1	1	1		3
4		1	1		1,7
5	1	1	0		2,6
6	2	1	1		4,3
7	4	1	0		6,5
8	2	1	0		3,9
9	2	1	1		4,3
10	2	1	0		3,9
11	1	1	0		2,6
12		1			1,3
13	8	1			11,7
14	7	1		1	17,7

doplněno o zpětnou klapku









č.ú	Q (W)	M (kg/h)	l (m)	DN Dxt	R (Pa/m)	w (m/s)	R.I (Pa)	$\Sigma \xi$ (-)	Z (Pa)	$\Delta p_{pv}$	R.I+Z+ $\Delta p_{pv}$ (Pa)	$\Delta p_{dis}$ (Pa)
<b>Dimenzování základního okruhu větve číslo 2 - 2NP</b>												
1	11493	988,22	7,5	22x1	430	0,886	3225	12	4601,65	3000,00	10826,65	10826,65
2	682	58,64	3,3	8x1	1000	0,604	3300	4,7	837,60		4137,60	14964,25
3	1204	103,53	8,3	10x1	650	0,582	5395	5,6	926,61		6321,61	21285,86
4	2484	213,59	5,1	12x1	800	0,769	4080	8,2	2368,81		6448,81	27734,67
5	3383	290,89	6	15x1	400	0,625	2400	6,9	1316,66		3716,66	31451,33
6	3959	340,41	9,2	15x1	525	0,73	4830	2,6	676,84		5506,84	36958,17
7	4535	389,94	9,2	15x1	650	0,823	5980	2,6	860,28		6840,28	43798,45
8	5111	439,47	3,6	18x1	300	0,615	1080	3	554,29		1634,29	45432,73
9	5793	498,11	3	18x1	380	0,702	1140	4,2	1011,09		2151,09	47583,82
10	6475	556,75	5	18x1	450	0,774	2250	2,9	848,68		3098,68	50682,50
11	7157	615,39	3	18x1	550	0,876	1650	4,2	1574,43		3224,43	53906,93
12	7893	678,68	6	22x1	225	0,611	1350	3	547,10		1897,10	55804,03
13	8626	741,70	9	22x1	260	0,663	2340	2,6	558,30		2898,30	58702,33
14	9308	800,34	4,4	22x1	300	0,719	1320	1,3	328,30		1648,30	60350,62
15	9936	854,34	8,2	22x1	335	0,769	2747	2,6	751,09		3498,09	63848,71
16	10564	908,34	9,4	22x1	385	0,812	3619	0	0,00		3619,00	67467,71
17	11493	988,22	9	22x1	430	0,886	3870	9,9	3796,36		7666,36	75134,07

**Oběhové čerpadlo MAGMA 1 25-80**

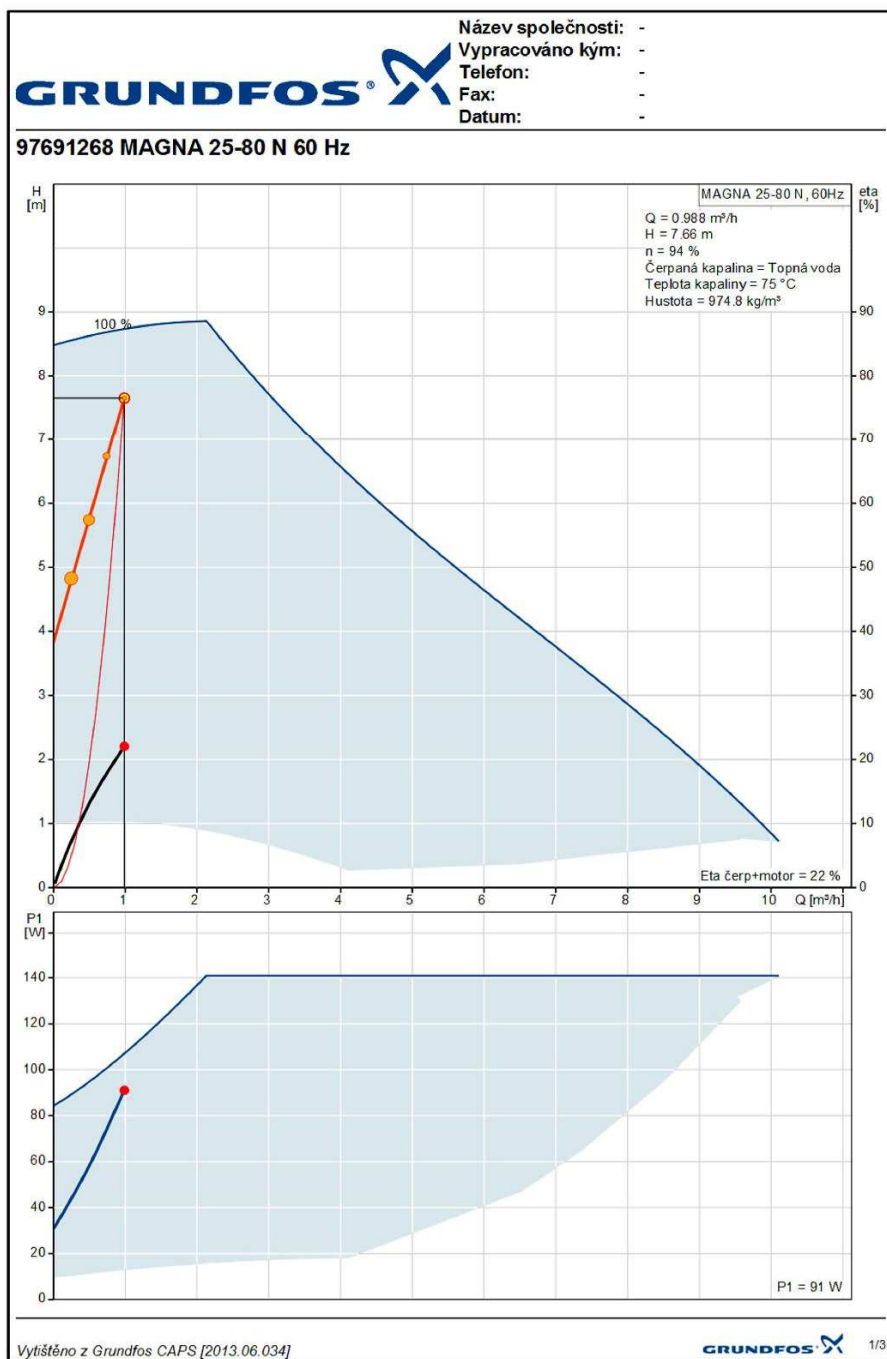
Navrženo dle Grundfos WEBCAPS

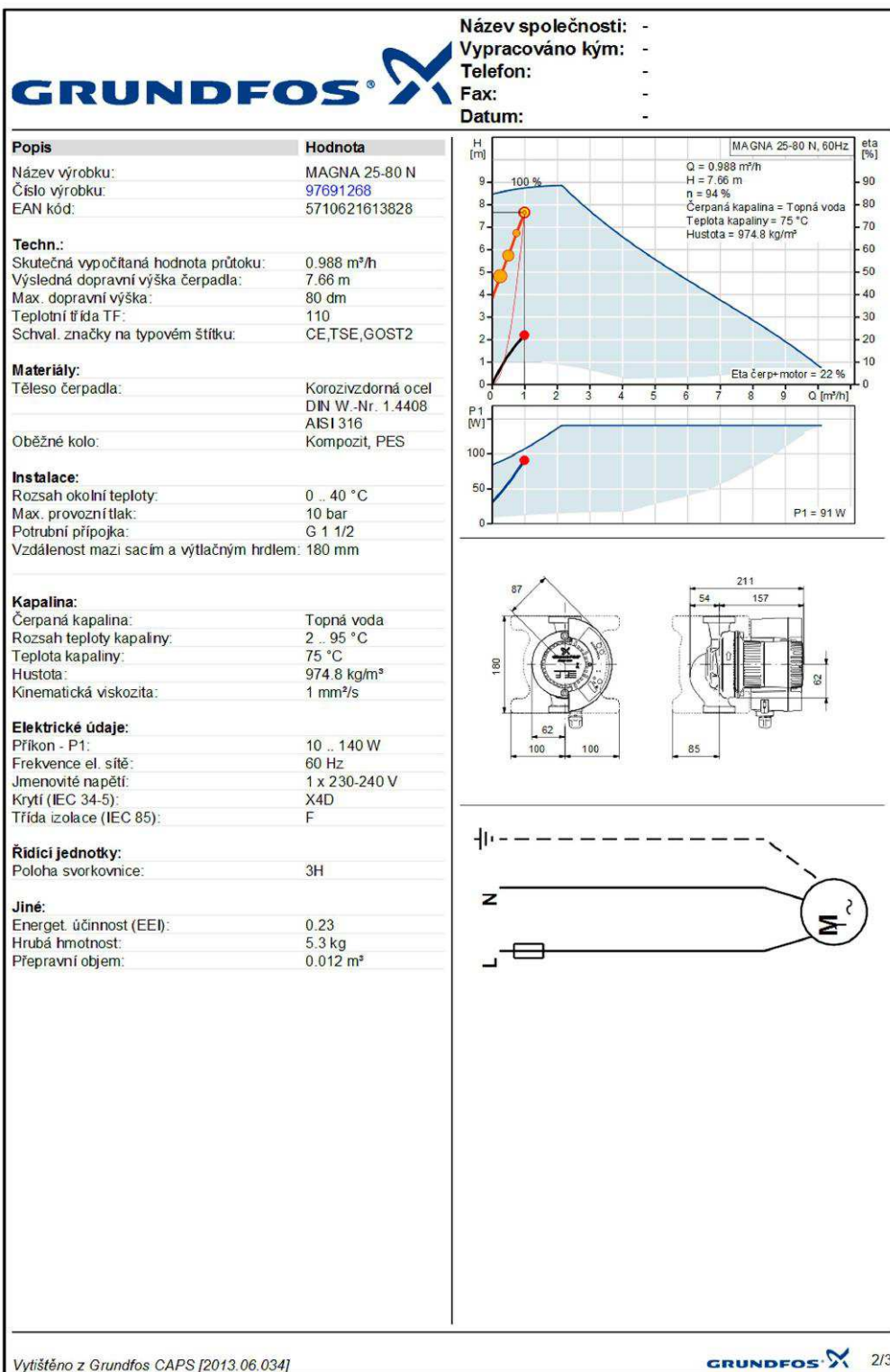
**Výpočet  $\xi$**

č.ú	koleno	Koleno 45°	rozbočení	redukce	OT/RS+Zás	$\Sigma$
	1,3	0,4	1,3	0,4	3	
1	5	0	1	3	1	12
2	2	0	1	2	0	4,7
3	3	0	1	1	0	5,6
4	5	0	1	1	0	8,2
5	4	0	1	1	0	6,9
6	1	0	1	0	0	2,6
7	1	0	1	0	0	2,6
8	1	0	1	1	0	3
9	1	4	1	0	0	4,2
10	0	4	1	0	0	2,9
11	1	4	1	0	0	4,2
12	1	0	1	1	0	3
13	1	0	1	0	0	2,6
14	0	0	1	0	0	1,3
15	1	0	1	0	0	2,6

16	0	0		0	0	0
17	1	0	1		1	9,9

doplněno o zpětnou klapku









č.ú	Q (W)	M (kg/h)	l (m)	DN Dxt	R (Pa/m)	w (m/s)	R.l (Pa)	$\Sigma \xi (-)$	Z (Pa)	R.l+Z+ $\Delta p_{rv}$ (Pa)
-----	-------	----------	-------	--------	----------	---------	----------	------------------	--------	-----------------------------

### **Dimenzování primárního okruhu**

1	29221	2512,57	12	35x1,5	240	0,878	2880	26,5	9979,29	12859,29
---	-------	---------	----	--------	-----	-------	------	------	---------	----------

Výpočet

 $\xi$ 

koleno	Zpětná kl	Zásobník	redukce	kotel	$\Sigma$
1,3	4,3	1,5	0,4	2,5	
14	1	1	0	1	26,5

č.ú	Q (W)	M (kg/h)	l (m)	DN Dxt	R (Pa/m)	w (m/s)	R.l (Pa)	$\Sigma \xi (-)$	Z (Pa)	R.l+Z+ $\Delta p_{rv}$ (Pa)
-----	-------	----------	-------	--------	----------	---------	----------	------------------	--------	-----------------------------

### **Dimenzování okruhu TV**

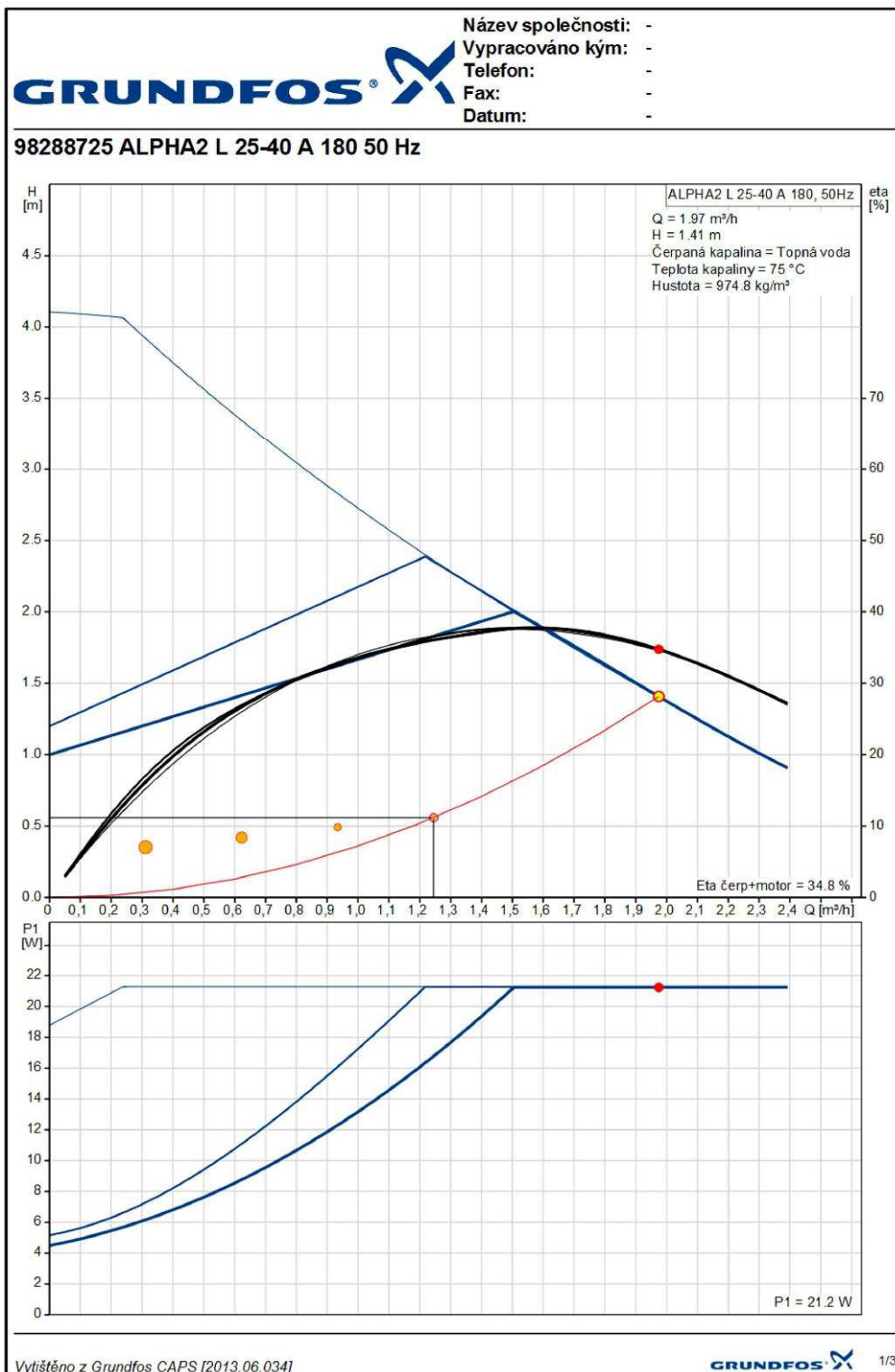
1	14530	1249,36	10	28x1,5	220	0,705	2200	13,6	3302,04	5502,04
---	-------	---------	----	--------	-----	-------	------	------	---------	---------

### **Oběhové čerpadlo ALPHA2 L 25-40 A 180**

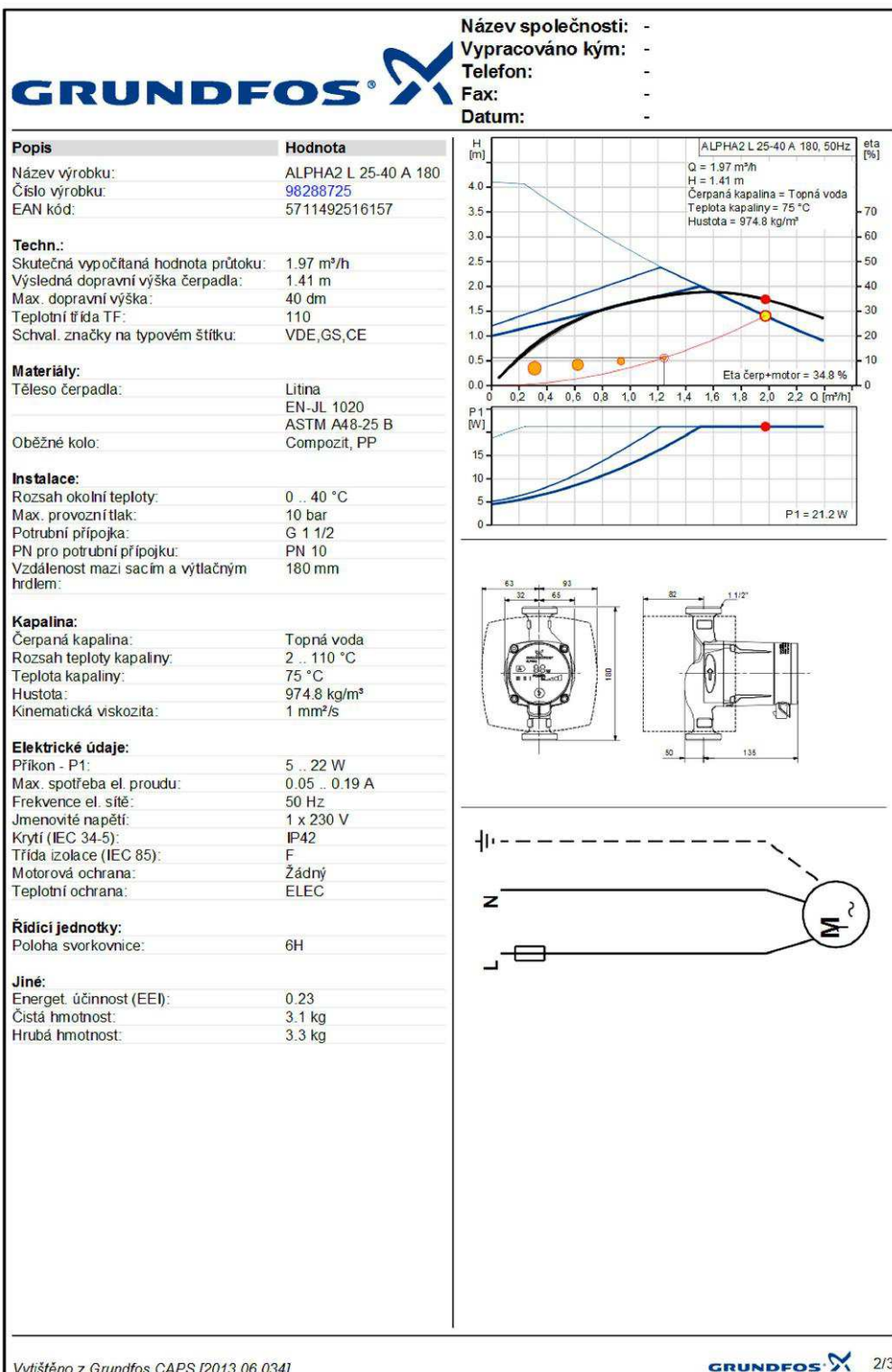
Výpočet


 $\xi$ 

koleno	Zpětná kl	Zásobník	redukce		$\Sigma$
1,3	4,3	1,5	0,4		
6	1	1	0		13,6









Název společnosti: -

Vypracováno kým: -

Telefon: -

Fax: -

Datum: -

---

**98288725 ALPHA2 L 25-40 A 180 50 Hz**

**Zadání**

**Vybrat Aplikaci**

Mód Přehled Ano

Vytápění Vytápění

**Přehled zadanych vstupů.**

Typ instalace Cirkulace

Záměna Ne

Průtok (Q) 1.25 m³/h

Dopravní výška (H) 0.56 m

Více Ano

Čerpaná kapalina Topná voda

Min. teplota kapaliny 20 °C

Teplota kapaliny při provozu 75 °C

Max. teplota kapaliny 75 °C

Okolní teplota 20 °C

Min. tlak na sání 1.5 bar

Dovolené poddimenzování průtoku 2 %

Max. provozní tlak Vše bar

Způsob regulace Řízení na proporcionální tlak

Pokles při nízkém průtoku 50 %

Třída krytí IP20

Max. frekvence 105 %

Vybrat typ hydrauliky Jednotlivé čerpadlo

Topná sezóna 285 dny

Cena energie 0.18 €/kWh

Nárůst ceny el. energie 6 %

Výpočtové období 15 roky

Kritérium hodnocení Prefer. index

Max. počet výběrů na skupinu výrobků 2

Celkový maximální počet výsledků 8

Frekvence 50 Hz

Fáze 1 nebo 3

Min. hodnota pro spínání hvězda/trojúhelník 5.5 kW

Napětí 1 x 230 nebo 3 x 400 V

Inline zapouzdř. rotor Ano

In-line článkové čerpadlo Ano

Inline jednostupňové čerpadlo Ano

Axiál. vstup, pružná spojka Ano

Axiál. vstup, pevná spojka Ano

Axiál. vstup, pruž. spojka, horizont., vícecestupň. Ano

Horizontálně dělené těleso čerpadla Ano

**Nahrát profil**

	1	2	3	4	
Q	100	75	50	25	%
H	327	290	253	216	%
P1	0.017	0.012	0.009	0.006	
Eta celk.	36.1	32.7	26.7	16.2	%
Doba	410	1026	2394	3010	
Spotřeba energie	7	13	21	19	/Rok
Množství	1	1	1	1	

**Výsledky dimenzování**

Typ ALPHA2 L 25-40 A 180

Množství 1

Q 1.97 m³/h (+59%)

H 1.41 m (+152%)

Min. tlak sání 0.38 bar (75 °C, proti atmosféře)

Příkon P1 0.021 kW

Eta čerp+motor 34.8 % = Účinn. čerp. \* motoru

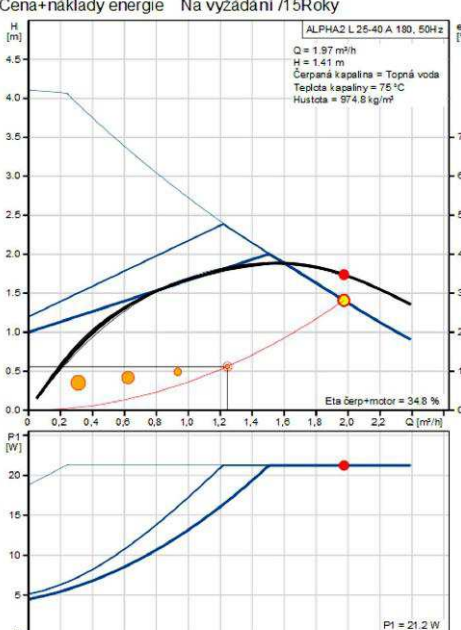
Eta celk. 34.8 % = Účinn. vztažená k prac. bodu

Spotřeba energie 59 kWh/Rok

Emise CO2 34 kg/Rok

Cena Na vyžádání

Cena+náklady energie Na vyžádání /15Roky



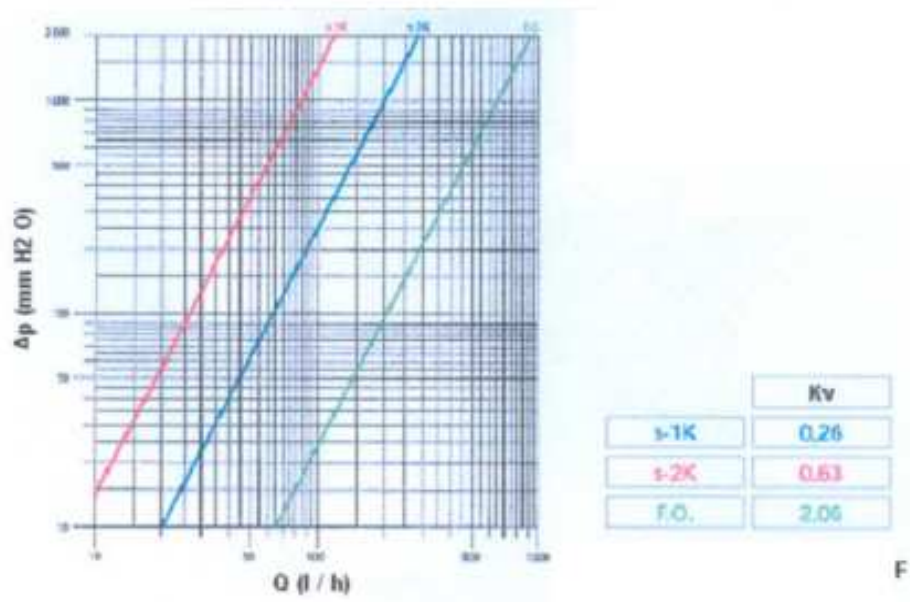
## C. 5 PŘEDNASTAVENÍ RETRO VENTILU BOHEMIA

Jelikož je použito Tychlmanovo zapojení, je potřeba aby všechny ventily měly stejnou tlakovou ztrátu. U tohoto typu ventilu, bylo potřeba spočítat součinitel  $k_v$  a dle něho navrhnout přednastavení všech ventilů

Nastavení ventilů

č. mítnosti	M (kg/m <sup>3</sup> )	KV	nastavení ventilů	č. mítnosti	M (kg/m <sup>3</sup> )	KV	nastavení ventilů
1	140,1548	0,828233	s-2K	12	76,69819	0,453242	s-1K
2	132,5881	0,783519	s-2K	13	94,84093	0,560455	s-1K
3	76,69819	0,453242	s-1K	14	122,012	0,72102	s-2K
4	185,3826	1,095504	s-2K	15	58,64144	0,346537	s-1K
5	58,64144	0,346537	s-2K	16	58,64144	0,346537	s-1K
6	192,2614	1,136153	s-2K	17	49,52709	0,292676	s-1K
7	94,84093	0,560455	s-1K	18	67,66982	0,399889	s-1K
8	131,0404	0,774373	s-2K	19	58,64144	0,346537	s-1K
10	67,66982	0,399889	s-1K	20	58,64144	0,346537	s-1K

Průtokový diagram retro ventilu Bohemia s termostatickou hlavici



## C.6 NÁVRH POJIŠTOVACÍHO ZAŘÍZENÍ

### 1, Objem vody v soustavě

#### Otopná tělesa

Počet všech článků

279 ks

Objem v jednom článku

2,4 l

Objem celkem

**669,6 l**

#### Potrubí

Rozměr	Délka (m)	Vodní objem 1m (l)	Objem celkem (l)
8x1	3,3	0,013	0,043
10x1	8,3	0,050	0,415
12x1	12,1	0,079	0,956
15x1	31,0	0,133	4,123
18x1	25,5	0,201	5,126
22x1	70,8	0,314	22,216
28x1,5	35,5	0,491	17,431
35x1,5	31,5	0,804	25,326
			<b>75,634</b>

Vložka v zásobníku TV	<b>7</b>
R+S	<b>6</b>
Akumulační nádrž	<b>500</b>
Kotle	<b>50</b>

<b>Objem vody v soustavě <math>v_o</math></b>	<b>1301 l</b>
---	---------------

Výška otopn soustavy

**8,5 m**

MR je 1m nad podlahou kotelny

**2,Expanzní nádoba**

$$p_{ddov} \geq 1,1 \cdot h \cdot \rho \cdot g \cdot 10^{-3} (+\Delta p_z)$$

$$p_{ddov} \geq 1,1 \cdot 8,5 \cdot 1000 \cdot 9,81 \cdot 10^{-3} + 20$$

$$kPa =$$

$$120 \text{ kPa}$$

$$p_{hdov} \leq p_k - (h_{MR} \cdot \rho \cdot g \cdot 10^{-3})$$

$$p_{hdov} \leq 400 - 1 \cdot 1000 \cdot 9,81 \cdot 10^{-3}$$

$$390 \text{ kPa}$$

$$p_{hdov} \leq 390$$

volím otevírací přetlak

$$350 \text{ kPa}$$

$$n =$$

$$0,0295$$

$$V_e = 1,3 \cdot V_0 \cdot n =$$

$$49,9 \text{ l}$$

$$V_{ep} = (V_e \cdot (p_{hp} + 100)) / (p_{hp} - p_d) =$$

$$97,6 \text{ l}$$

**Návrh: Tlaková expanzní nádoba Regulus MB 105**

Průměr expanzního potrubí

$$d_p = 10 + 0,6 \cdot Q_p^{0,5} =$$

$$13,3 \text{ mm}$$

volím **Cu15x1**

**3, Pojistný ventil**

průřez sedla pojistného ventilu je stanoven ze vztahu:

$$Q_p = 31 \text{ kW}$$

$$\alpha_w = 0,444$$

$$p_{ot} = 350 \text{ kPa}$$

$$S_0 = \frac{2 \cdot Q_p}{\alpha_w \sqrt{p_{ot}}} = 7,5 \text{ mm}^2$$

**Návrh: Duco Meibes 1/2"x3/4" KD**

$$S_0 = 113 \text{ mm}^2$$

$$D_1 = 15 \text{ mm}$$

$$D_2 = 15 \text{ mm}$$

vnitřní průměr pojistného potrubí:

$$d_v = 10 + 0,6 \sqrt{Q_p}$$

$$13,3 \text{ mm}$$

**volim  
Cu15x1**

**C.7 NÁVRH TLOUŠTĚK IZOLACÍ**

Návrh byl proveden softwarem na stránkách tzb-info.cz . Pro UT byl vybrán systém Tubex Standard a pro Solární systém K-FLEX

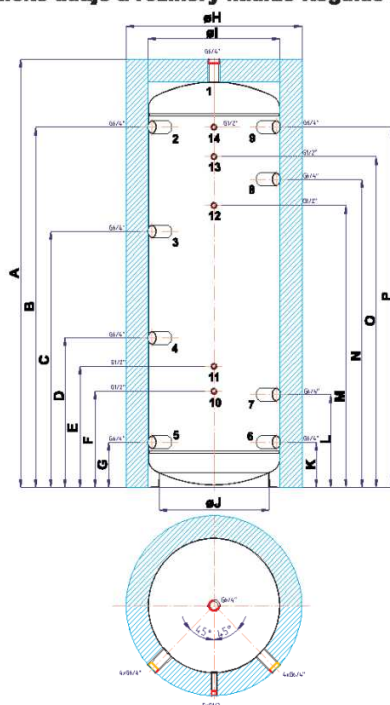
Rozměr	Tloušťka izolace
8x1	30
10x1	30
12x1	30
15x1	30
18x1	35
22x1	35
28x1,5	35
35x1,5	35

## C.8 NÁVRH OSTATNÍCH SOUČÁSTÍ SOUSTAVY

### C.8.1 Akumulační nádoba

Je navržena dle požadavků výrobce kotle Atmos. Požadavek je 500 l.

#### 3 - Technické údaje a rozměry nádrže Regulus řady PS



Kód nádrže: ..... a  
 Kód izolace: ..... b  
 Celkový objem kapaliny v nádrži: ..... c  
 Maximální provozní tlak v nádrži: ..... 4 bar  
 Maximální provozní teplota v nádrži: ..... 95 °C  
 Hmotnost prázdné nádrže: ..... d  
 Klopná výška při sundané izolaci: ..... e

Typ - model	PS200 N	PS300 N	PS500 N	PS650 N	PS800 N	PS1000 N	PS1500 N	PS2000 N	PS3000 N	PS4000 N	PS5000 N
Kód nádrže	a	10050	10053	10054	12311	10056	10058	10080	10138	10139	10141
Kód izolace	b	10107	10108	10120	12319	10123	10125	10146	10147	10148	10149
Objem kap. v nádrži [l]	c	181	280	474	656	780	914	1505	2005	3022	4988
Hmotnost prázdné nádrže [kg]	d	41	51	71	84	98	108	174	207	293	407
Klopná výška [mm]	e	-	-	1920	1970	1870	2110	1940	2020	2180	2970
Rozměry [mm]	A	1326	1380	1890	1930	1820	2070	1860	1930	2040	2335
	B	1068	1095	1590	1610	1430	1680	1450	1485	1540	1835
	C	768	770	1130	1150	1050	1220	1070	1105	1180	1375
	D	466	495	660	680	670	750	690	725	780	905
	E	388	415	535	555	580	625	600	635	690	780
	F	308	335	425	425	425	500	425	425	520	600
	G	168	195	200	220	290	290	310	345	400	445
	H	650	750	800	800	1000	1000	1300	1450	1700	1800
	I	450	550	600	700	800	800	1100	1250	1500	1600
	J	340	450	600	600	700	700	1000	1100	1300	1500
	K	168	195	200	220	290	290	310	345	400	445
	L	308	335	410	430	490	500	510	545	600	655
	M	818	845	1245	1265	1130	1335	1150	1185	1240	1490
	N	868	895	1360	1380	1210	1450	1230	1265	1320	1605
	O	968	995	1460	1480	1310	1550	1330	1365	1420	1705
	P	1068	1095	1590	1610	1430	1680	1450	1485	1540	1835

4

### C.8.2 Rozdělovač a sběrač

Celkový instalovaný výkon :

$$Q_{\text{Zdroj}} = 29,7 \text{ kW}$$

$$M = Q / (c \times \Delta t \times \rho) = 29,7 \times 10^3 / (1,163 \times 10 \times 977,7) = 2,6 \text{ m}^3/\text{h}$$

Navrhuji kompaktní rozdělovač a sběrač

**RS Kombi modul 80 firmy ETL Ekotherm**

Qmax = [m <sup>3</sup> /hod]	6	10	15	23	42	65	95	130
do výkonu [kW] při Δt=20	120	250	350	550	1000	1500	2100	3000
MODUL	80	100	120	150	200	250	300	350
Průtok. průřez komor S <sub>p</sub> (m <sup>2</sup> )	0,0019	0,0028	0,0040	0,0070	0,0114	0,0176	0,0271	0,0380
Max. délka (m)	1,5	2,0	3,0					

*Těla všech RS KOMBI standardně PN 0,6MPa, teplota 110° C. Maximální rychlost proudění vody v tělese je 1,0 m/s.*



## C.9. ROČNÍ POTŘEBA PALIVA

Potřeba energie na ohřev TV	10,9 kWh
Ztráta prostupem	17560,5 W
Ztráta větráním	9772,45 w
Výpočtová teplota interiéru	20 °C
Výpočtová teplota exteriéru	-15 °C
účinnost kotle	90,5 %

$H_{TR}$	501,729	W/K
$H_{VE}$	279,213	W/K

Palivo:

Pytel	15	kg
Paleta	1,2	m <sup>2</sup>
	66	pytlu na paletě

Peleta 1200 kg/m<sup>3</sup>

650 kg/m<sup>3</sup>

Výhřevnost 17,91 MJ/kg

Měsíc	1	2	3	4	5	9	10	11	12	
počet dní	31	28	31	30	31	30	31	30	31	
$t_e$ (průměrná)	-2,9	-1,9	2	6,8	12	7,1	2,1	1,2	-1,4	
$Q_{TR}$	275,75	263,71	216,75	158,95	96,33	155,34	215,54	226,38	257,69	
$Q_{VE}$	153,46	146,75	120,62	88,45	53,61	86,44	119,95	125,98	143,40	
$Q_{TV}$	10,90	10,90	10,90	10,90	10,90	10,90	10,90	10,90	10,90	
$Q_{SOL}$	-1,1	-2,4	-4,2	-5,5	-7,8	-6,2	-3,5	-1,6	-0,7	
$Q_{h,d}$	439,00	418,97	344,11	252,76	153,04	246,52	342,94	361,67	411,24	<b>celkem</b>
<b><math>Q_{h,m}</math></b>	<b>13609,1</b>	<b>11731,3</b>	<b>10667,3</b>	<b>7582,83</b>	<b>4744,27</b>	<b>7395,49</b>	<b>10631</b>	<b>10850,2</b>	<b>12748,5</b>	<b>89960 kWh/rok</b>
množství [tuny]	3,023	2,606	2,369	1,684	1,054	1,643	2,361	2,410	2,831	19,981
množství [m <sup>3</sup> ]	4,650	4,009	3,645	2,591	1,621	2,527	3,633	3,708	4,356	30,739
počet palet	3,05	2,63	2,39	1,70	1,06	1,66	2,39	2,43	2,86	20,18
počet palet	3	3	2	2	1	1	3	3	3	<b>21</b>
plocha [m <sup>2</sup> ]	3,6	3,6	2,4	2,4	1,2	1,2	3,6	3,6	3,6	25,2

## C.10 NÁVRH VĚTRACÍCH OTVORŮ

Výpočet byl proveden dle chemického složení paliva a základních fyzikálních dějů. Vstupní hodnoty chemického složení byly brány dle průměrných hodnot.

### Chemické složení peletek

C	51 %
O	42 %
H	6 %
D	1 %

### Teoretické množství kyslíku pro spálení 1kg paliva

$$V_t = 1,865 \cdot C + 5,553 \cdot H + 0,699 \cdot S - 0,7 \cdot O$$

$$V_t = 1,0 \text{ m}^3/\text{kg}$$

### Teoretické množství vzduchu pro spálení 1kg paliva

$$V_{v,t} = (1/0,21) \cdot V_t$$

$$V_{v,t} = 4,72 \text{ m}^3/\text{kg}$$

### Skutečné množství spalovacího vzduchu

$$\lambda = 1,5$$

$$V_{sk} = V_t \cdot \lambda$$

$$V_{sk} = 7,1 \text{ m}^3/\text{kg}$$

### Spotřeba paliva při jmenovitém výkonu P

$$P = 6,8 \text{ kg/hod}$$

### Průtok spalovacího vzduchu

$$V_{sp} = V_{sk} \cdot P$$

$$V_{sp} = 48,2 \text{ m}^3/\text{hod} = 0,013 \text{ m}^3/\text{s}$$

**Průtok vzduchu pro větrání stanovený z minimální 3 nasobné výměny vzduchu**

$$V_{sp} = n \cdot V$$

$V_{sp} =$	91,2 m <sup>3</sup> /hod =	<b>0,025 m<sup>3</sup>/s</b>	Rozměry kotelny:	3,8 m
				3,2 m
				2,5 m

**Návrh větracího otvoru**

Skutečná plocha větracího otvoru

$$S_o = \frac{V_j}{\mu_o \cdot w_o} = 0,06 \text{ m}^2 \quad \textbf{Větrací otvor s mřížkou 300x300mm}$$

$$\mu_o = 0,3 \quad \dots \text{Zastínění větrací mřížkou}$$

Rychlost proudění vzduchu

$$w_o = \sqrt{\frac{2 \cdot \Delta p_o}{\rho_i}}, \quad \rho_i = \frac{341,7}{t_i + 273}$$

$$\rho_i = 1,21 \text{ kg/m}^3$$

$$w_o = 1,45 \text{ m/s}$$

Rozdíl tlaků

$$\Delta p = h \cdot g \cdot (\rho_e - \rho_i)$$

$$h = 2,5 \text{ m}$$

$$g = 9,81 \text{ m/s}^2$$

$$\rho_e = 1,3 \text{ kg/m}^3$$

$$\rho_i = 1,21 \text{ kg/m}^3$$

$$\Delta p = 2,27 \text{ Pa}$$

$$\Delta p_o = \Delta p - \Delta p_p = 1,27 \text{ Pa}$$

$$\Delta p_p = 1 \text{ Pa}$$

## C.11. SOLÁRNÍ SYSTÉM

Solární systém je navržen pouze pro ohřev teplé vody a to primárně v letním období. Pokud by solární systém nestačil či měl poruchu, je doplněn o topnou elektrickou vložku. Celý systém je navržen a sestaven z prvků firmy Regulus, až na oběhové čerpadlo které je firmy Grundfos tak jako ostatní čerpadla v celém projektu.

### C.11.1. Účinnost kolektorů

orientace jihozápadní, sklon 35°

Pomůcky: Topenářská příručka 3, G-příloha, tes- příloha 10

$$\eta_k = \eta_c - a_1 \cdot (t_m - t_e)/G - a_2 \cdot (t_m - t_e)^2/G$$

Hodnoty dané výrobcem Regulus, typ KPC1+

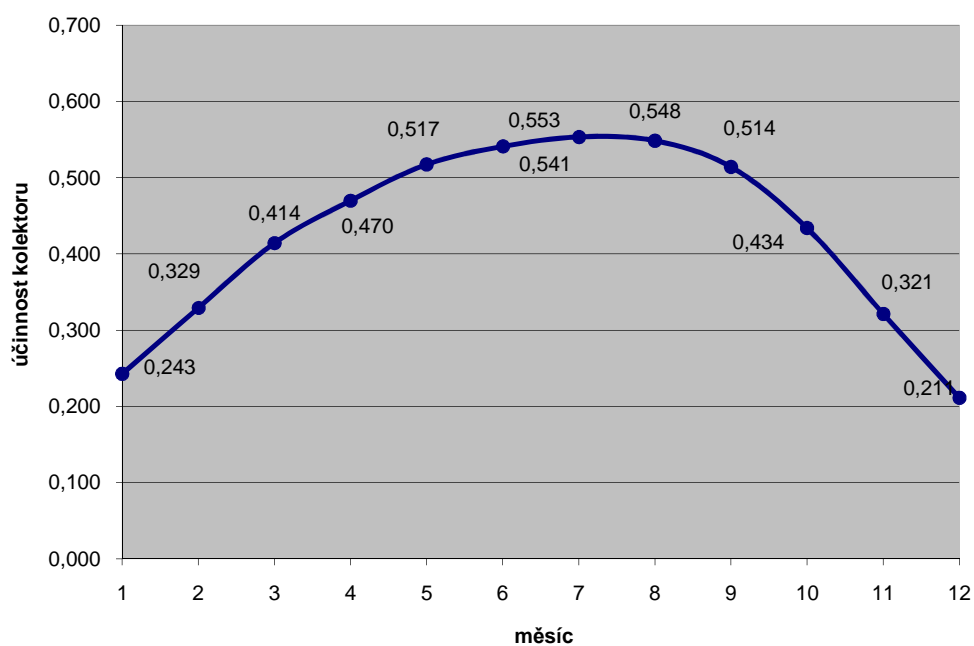
$$t_m = 55 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$a_1 = 3,85 \text{ W/(m}^2 \cdot \text{K)} \quad \dots \text{ koeficient lineárních ztrát}$$

$$a_2 = 0,015 \text{ W/(m}^2 \cdot \text{K)} \quad \dots \text{ koeficient nelineárních ztrát}$$

$$\eta_c = 80 \text{ } \% \quad \dots \text{ optická účinnost}$$

měsíc	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
G	442	511	566	583	588	585	577	571	559	510	448	402
t <sub>e</sub>	1,7	2,8	7	12	17,2	20,2	22,1	21,8	18,5	13,1	7,7	3,5
η <sub>k</sub>	0,243	0,329	0,414	0,470	0,517	0,541	0,553	0,548	0,514	0,434	0,321	0,211



### C.11.2. Potřeba tepla

	léto	zima
$t_{sv} (^{\circ}C)$	15	10
$t_{TV} (^{\circ}C)$	55	55

*studená voda*

*teplá voda*

měsíc	1,00	2,00	3,00	4,00	5,00	6,00	7,00	8,00	9,00	10,00	11,00	12,00
počet dnů	31,00	29,00	31,00	30,00	31,00	30,00	31,00	31,00	30,00	31,00	30,00	31,00
počet osob	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00
denní potřeba/os	40,00	40,00	40,00	40,00	40,00	40,00	40,00	40,00	40,00	40,00	40,00	40,00
denní potřeba	160,00	160,00	160,00	160,00	160,00	160,00	160,00	160,00	160,00	160,00	160,00	160,00
$Q_{TV,den}$	10,90	10,90	10,90	10,90	10,90	9,69	9,69	9,69	9,69	10,90	10,90	10,90
$Q_{TV,měsíc}$	338	316	338	327	338	291	300	300	291	338	327	338
poměrná doba svitu	0,18	0,31	0,38	0,39	0,48	0,53	0,56	0,53	0,50	0,37	0,23	0,12

$H_{T,den,teor}$	3,73	5,01	6,65	7,93	8,97	9,41	9,03	8,13	6,95	5,37	3,98	3,20
$H_{T,den,dif}$	0,37	0,52	0,79	1,10	1,37	1,51	1,50	1,28	0,96	0,67	0,44	0,34
$H_{T,den}$ (kWh/m <sup>2</sup> den)	0,97	1,91	3,02	3,76	5,02	5,70	5,72	4,91	3,96	2,41	1,25	0,68
účinnost kolek.	0,24	0,33	0,41	0,47	0,52	0,54	0,55	0,55	0,51	0,43	0,32	0,21
$q_k$ (kWh/m <sup>2</sup> den)	0,24	0,63	1,25	1,77	2,60	3,08	3,16	2,69	2,03	1,04	0,40	0,14

Výpočet pro duben:

$A_k$ (m <sup>2</sup> )	6,5
$A_{jeden\ kol.}$ (m <sup>2</sup> )	1,9
počet kol. (ks)	3,4
volba (ks)	2
skutečná $A_k$ (m <sup>2</sup> )	3,8

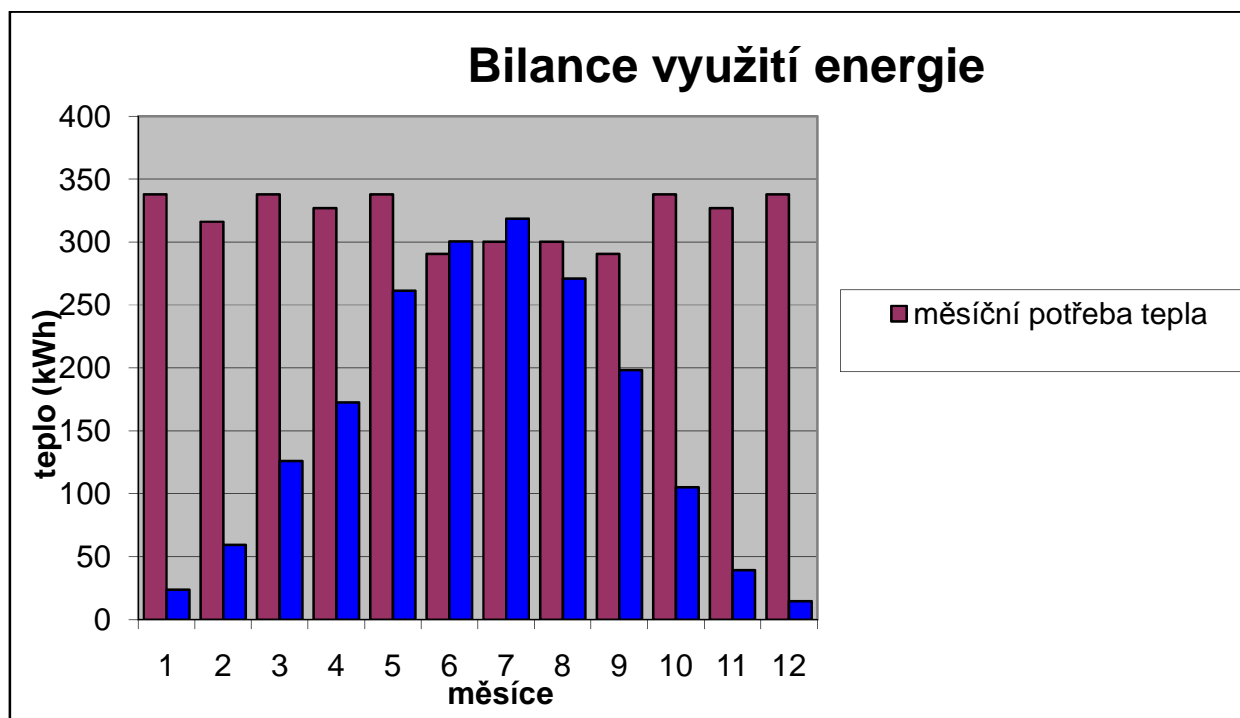
aperturní plocha (solárně účinná) pro měsíc, ve kterém  
požadujeme solární pokrytí

viz výrobce

Regulus

Typ KPC1+

$Q_{k,u}$ (kW/den)	0,8	2,0	4,1	5,7	8,4	10,0	10,3	8,7	6,6	3,4	1,3	0,5
$Q_{k,u}$ (kW/měsí c)	23,8	59,3	125,9	172,4	261,4	300,4	318,6	271,1	198,2	105,2	39,3	14,5
$Q_{k,u}$ (kW/měsí c)	23,8	59,3	125,9	172,4	261,4	290,6	300,3	271,1	198,2	105,2	39,3	14,5
podíl pokrytí %	7,05	18,77	37,28	52,74	77,38	100,00	100,00	90,28	68,19	31,15	12,01	4,30
přebytek (kWh)	0,0	0,0	0,0	0,0	-76,4	9,8	18,3	-29,2	-92,5	0,0	0,0	0,0



### C.11.3. Dimenzace potrubí

účinnost kol. 0,54096  
 plocha kol. 3,8 m<sup>2</sup>

průtok V= 60 l/hod.m<sup>2</sup>

Q= 318,083 W  
 $\Delta t = 5,1$  °C

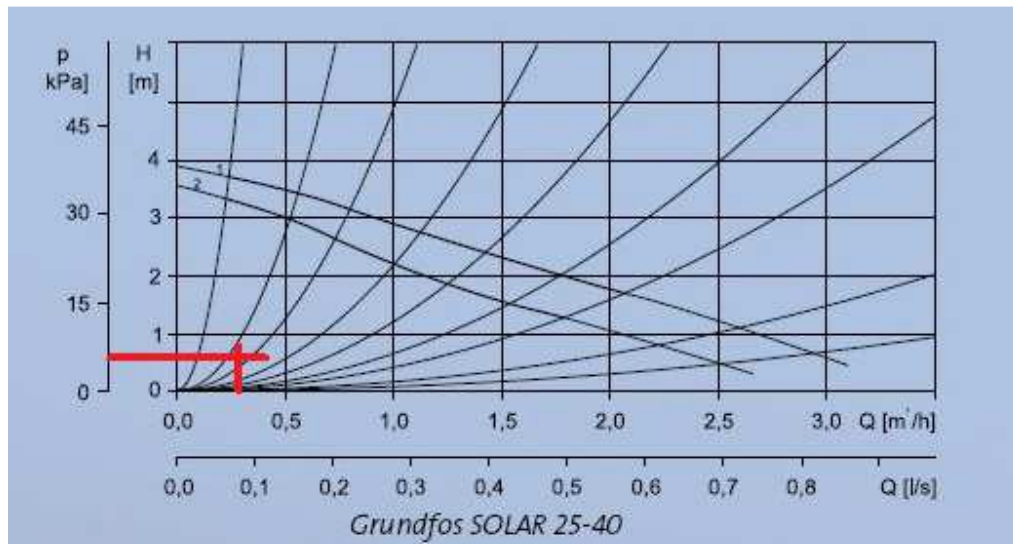
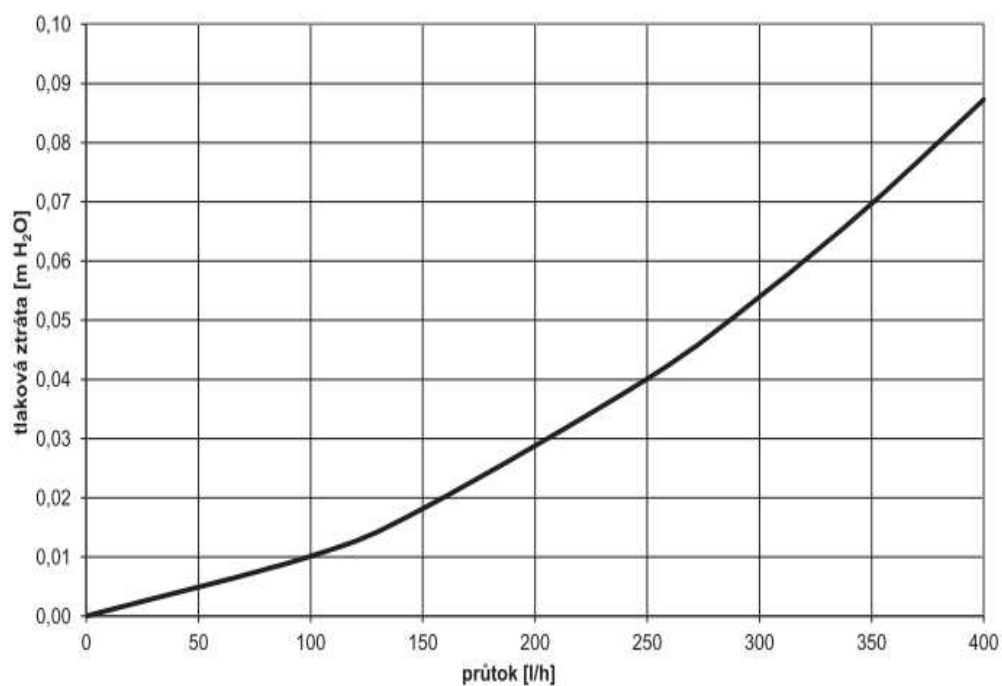
#### 2. Dimenzování potrubí solárního systému pro přípravu TV, schéma individuální

Úsek	Průtok	D x t	Pa/m	m/s	Délka	Ztráta třením	Ztráta vřazenými odpory	Ztráta kolektorů	Celková ztráta
1	228	15x1	193	0,13	20	3860	1158	500	5518

potrubí= 5518 Pa  
 Kolektor 500 Pa  
**Celkem 6018 Pa**

**Grundfos SOLAR 25-40**

Tlaková ztráta kolektoru





### C.11.4. Zabezpečovací zařízení

#### Expanzní nádoba

$$p_o = h_s \cdot \rho \cdot g + p_d (+p_{\check{e}}) = 152,71 \text{ kPa}$$

$$h_s = 10 \text{ m}$$

$$\rho = 1047 \text{ Kg/m}^3$$

$$g = 9,81 \text{ m/s}^2$$

$$p_d = 50 \text{ kPa}$$

$$p_{\check{e}} = 0 \text{ kPa}$$

$$V_{EN} = (V_S + V \cdot \beta + V_K) \cdot (p_e + 100) / (p_e - p_o) = 9,6 \text{ l}$$

#### Navržena expanzní nádoba Regulus R8 012

1 kolektor (l/ks)	ks	V <sub>k</sub> (l)	
2	2	4	
dimenze	délka	Vodní obsah v 1 metru potrubí	Vodní objem
15x1	20	0,133	2,66

$$V_{potrubí} = 2,66$$

$$V = 6,66 \text{ l}$$

$$p_e = 350 \text{ kPa}$$

$$V_s = 0,0666 \text{ l}$$

$$\beta = 0,02$$

*V<sub>k</sub>... objem v kolektorech*

*V... celkový objem v soustavě*  $V = V_k + V_{potrubí}$

*Teplonosná látka je **Solarten super** společnosti Regulus- látka na bázi propylenglykolu*

*V<sub>s</sub>... předpokládaný objem v expanzní nádobě cca 1% z celé soustavy*

*V<sub>potrubí</sub>... objem v potrubí*

**Pojišťovací ventil**

průřez sedla pojistného ventilu je stanoven ze vztahu:

$$Q_p = 10 \text{ kW}$$

$$K = 1,41$$

$$p_{ot} = 350 \text{ kPa}$$

$$S_o = \frac{Q_p}{\alpha_w K}$$

$$5 \text{ mm}^2$$

**Návrh: Duco Meibes 1/2"x3/4" KD**

$$S_o = 113 \text{ mm}^2$$

$$D_1 = 10 \text{ mm}$$

$$D_2 = 21 \text{ mm}$$

vnitřní průměr pojistného potrubí:

$$d_p = 15 + 1,4 \sqrt{Q_p}$$

$$19,4 \text{ mm}$$

**volim Cu  
22x1,5**

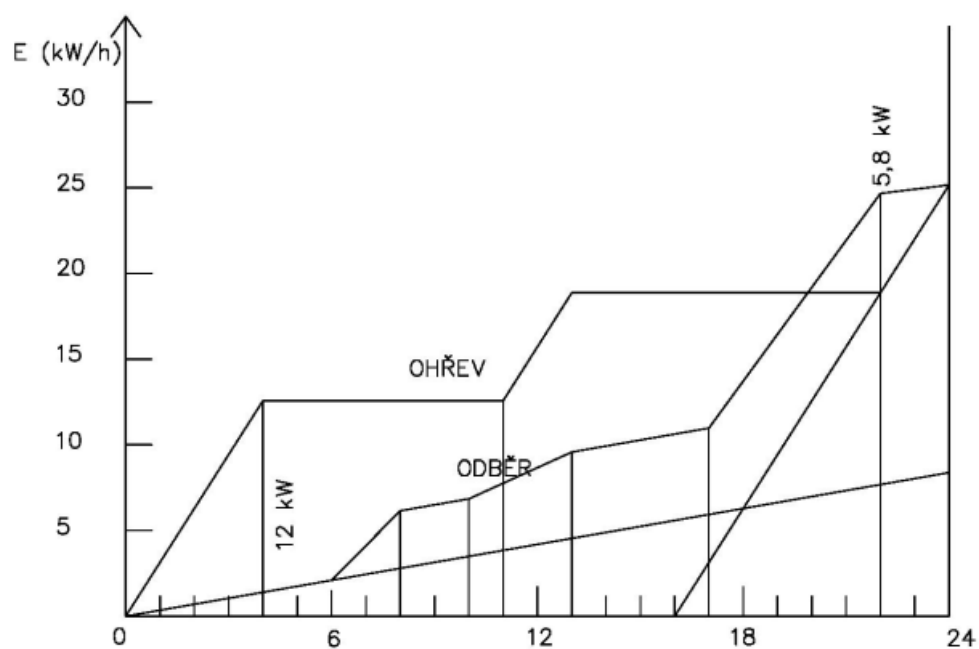
**C.12 PŘÍPRAVA TEPLÉ VODY****1. Návrh objemu zásobníkového ohřívače dle ČSN 060820**

počet obyvatel 4 obyvatel

měrná potřeba teplé vody 0,08 m<sup>3</sup>/den

celková potřeba teplé vody 0,32 m<sup>3</sup>/den

Denní potřeba TV směrná potřeba				
provoz	Bytový dům			
	TV	$E_{2T}$	$E_{2Z}$	$E_{2P}$
	$m^3$	$kWh^{-1}$	$kWh^{-1}$	$kWh^{-1}$
den.potř.	0,32	16,78	8,39	25,16
Rozložení potřeby TV během dne				
čas	poměr	$E_{2T}$	$E_{2Z}$	$E_{2P}$
	%	$kWh^{-1}$	$kWh^{-1}$	$kWh^{-1}$
6-8	20	3,36	1,68	5,03
8-10	0	0,00	0,00	0,00
10-13	10	1,68	0,84	2,52
13-17	0	0,00	0,00	0,00
17-22	70	11,74	5,87	17,61
	100	16,78	8,39	25,16

Denní potřeba TV směrná potřeba

Z odběrového diagramu bylo odečteno  $Q_{\max} = 17,8 \text{ kW}$

Objem zásobníku:  $V_z = Q_{\max} / (1,164 \cdot (55 - 10)) = 0,34 \text{ m}^3$

Takto velký zásobník by byl nutný v případě, že by se k přípravě TV používala pouze elektrická energie.

Já uvažuji ovšem elektrickou energii jen jako doplněk k solárnímu systému a proto se touto hodnotou neřídím.

Návrh je ovlivněn i volbou topného období. Je uvažováno, že se bude topit v dobách nízké sazby.

## 2. Návrh objemu zásobníkového ohřívače dle měsíční bilance solárního systému

Zisk solárního systému:  $Q_{\max} = 10,3 \text{ kW}$

Objem zásobníku:  $V_z = Q_{\max} / (1,163 \cdot (55 - 10)) = 0,197 \text{ m}^3$

## 3. Návrh zásobníkového ohřívače

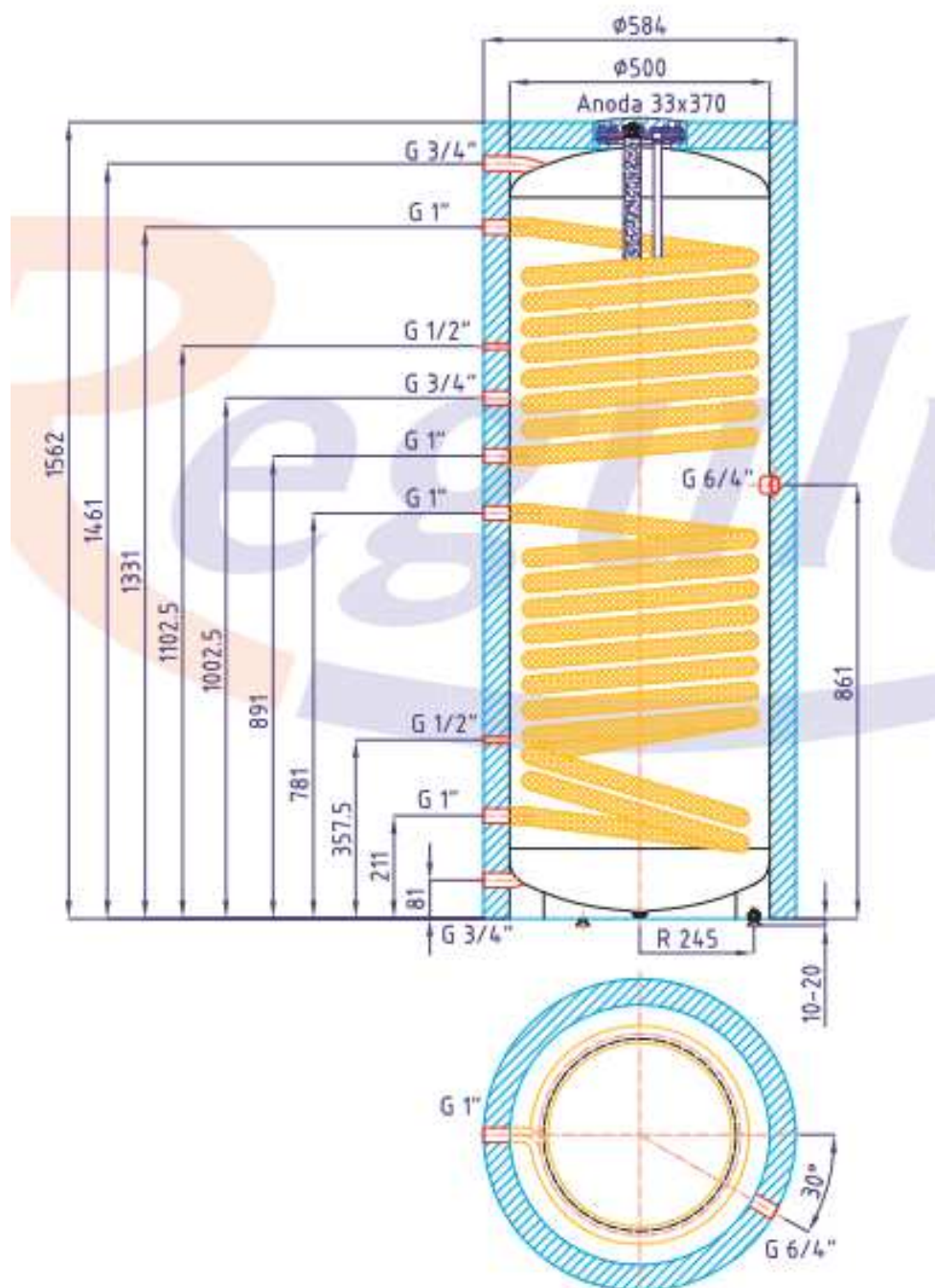
Navrhl jsem objem zásobníku uprostřed intervalu potřebného objemu.

### **Navrhuji Zásobník R2DC 250**

max 1 Mpa

zásobníkový ohřívač TV, s 2 topnými hady včetně izolace, smaltovaný, s instalovat el. topné těleso o výkonu 2,5 kW

Celkový objem kapalin v zásobníku	245 l
Objem TV v zásobníku	228 l
Objem kapaliny v horním výměníku	7,0 l
Objem kapalin v dolním výměníku	9,5 l
Plocha horního výměníku	1,0 m <sup>2</sup>
Plocha dolního výměníku	1,45 m <sup>2</sup>
Maximální provozní teplota v zásobníku	95 °C
Maximální provozní teplota výměníků	110 °C
Maximální provozní tlak v zásobníku	10 bar
Maximální provozní tlak výměníků	10 bar
Příprava TV z 10 °C na 45 °C při teplotě ot.vody 60 °C - horní výměník	670 l/h (24 kW)
Příprava TV z 10 °C na 45 °C při teplotě ot.vody 60 °C - dolní výměník	990 l/h (32 kW)
Hmotnost prázdného zásobníku	120 kg



## C.13 TECHNICKÁ ZPRÁVA

Projekt řeší vytápění historického zámku s jednou bytovou jednotkou situovaného v obci Oslava. Podkladem pro vypracování projektu bylo rámcové zaměření majitelem a doměření projektantem.

### 1. Vytápění

#### TEPELNÉ ZTRÁTY

Dům se nachází v oblasti s intenzivními větry a výpočtovou venkovní teplotou  $-15^{\circ}\text{C}$ . Charakteristické číslo budovy je B9. Tepelné ztráty byly vypočteny dle ČSN 12 831. U konstrukcí, jsem při výpočtu vycházel z hodnot minimálního požadovaného tepelného odporu udávaného v ČSN 730540-2. Zdivo z CPP. Protože nebyly známo složení podlahových a stropních konstrukcí, byly hodnoty tepel. odporu počítány z budou obdobných. Většina stropních, podlahových a obvodových konstrukcí nesplňuje hodnotu požadovaného odporu dle ČSN 730540-2. Výpočet tepelných ztrát byl proveden na navržený stav bez zateplení, které není možné.

Celková tepelná ztráta činí 27,3 kW. Z toho je 17,6 kW ztráta prostupem a 9,8 kW větráním. Instalovaný výkon je 29,2 kW

#### TECHNICKÉ ŘEŠENÍ

Bylo navrženo ústřední vytápění s vlastním zdrojem tepla – stacionárním kotlem na pevná paliva – peletky. Tento způsob v současné době jako jediný umožňuje automatický provoz kotle. Rozvod topné vody v provedení dvoutrubkovým rozvodem a nuceným oběhem topné vody. Ve všech místnostech je potřebný výkon pokryt nástěnnými tělesy. Vytápěcí soustava bude teplovodní s teplotním spádem 75/65.

#### ZDROJE TEPLA

Jako zdroj tepla byl navržen stacionární kotel na pevná paliva – peletky od firmy Atmos D 31P s hořákem A45 a nuceným odvodem spalin 30kW. Dle požadavků výrobce je deplněn o akumulční zásobník firmy Regulus o objemu 500l. U zdroje tepla bude pro ohřev TUV umístěn rychloohřívací stacionární zásobníkový ohříváč s nepřímým ohřevem o objemu 250 litrů firmy Regulus. Zásobník má 2 otopné vložky. Na horní bude připojena otopná voda z kotla a na spodní vložku, solární systém. Součástí ohříváče bude i elektrická vložka o výkonu 2,5 kW

prododatkový ohřev v letním období. Umístění kotle je v kotelně společně s expanzní nádobou. Ostatní prvky jsou umístěny vedle v místnosti, čímž se oddělí prašný provoz od neprašného. Pokud bude zásobník umístěn jinde nebude jeho jiné umístění činit potíže. Odkouření kotle bude provedeno potrubím 158 z dílů Atmos do komínu. Komín musí mít průměr 180 mm a musí být vyvložkován.

Do místnosti musí být neuzavíratelný vstup vzduchu z vnějšího prostoru o volné ploše nejméně  $0,06\text{m}^2$ .

Technické parametry zdroje tepla:

Jmenovitý výkon:	29,8 kW
Plynulá modulace hořáku:	8,9-29,8 kW
Palivo:	peletky 6,5-7kg/hod
Elektro:	IP 20, 230V/50Hz, 520W

### **Ohřev vody**

Bude realizován ve stacionárním zásobníkovém ohříváči s nepřímým ohřevem TV Regulus R2DC 250. Ohřev TV bude realizován v zimě přednostně pomocí nastavení automatiky spuštěním čerpadla na rozdělovači a vytápěn otopnou vodou. Doba ohřevu bude pak asi 60 minut. V letním období bude upřednostňován solární systém a jako dodatekový zdroj je navržena elektrická vložka o výkonu 2,5kW. Napojení zásobníku na straně pitné vody a TV je součástí projektu ZTI.

### **Otopná tělesa**

Byla navržena podle výběru investora desková VIADRUS a.s. typu Bohemia s bočním připojením. Tělesa budou doplněna o Retro ventily Bohemia s termostatickou hlavicí a připojovacím šroubením Regulus N DN 15 s vypouštěním. Dále budou doplněna o růžice Karol viz výkresová část. Otopná tělesa byla navržena na teplotní spád 75/65.

Odvzdušňovací zátka je součástí dodávky každého tělesa.

Instalovaný výkon těles: 29,2 kW

### **Rozvod potrubí**

V objektu byl k otopným tělesům navržen otopný rozvodný systém z měděných trubek např. Supersan Spojovaných pájením na měkko.

Rozvod kotel-RS a otopných těles byl navržen z měděných trub polotvrdých pájených, vedených volně a v drážkách, tepelně izolovaných. Rozvod těchto trub vyspádovat směrem k odvodu a vypouštění. Pokud bude u upevnění trubek použito příchytok ocelových, pak jen s pryžovou vložkou. Nejsou vyznačeny pevné body a kluzné uložení. Nutné je ale dbát aby u délky trubky větší 5 m byl změně směr např. do Z a takto vytvořena možnost dilatace. Pokud toto není možné, je nutné použít délkové kompenzátory.

### **Zabezpečovací zařízení**

#### **POJISTNÉ ZAŘÍZENÍ**

Pojistný ventil Duco Meibes 1/2"x3/4" KD s otevíracím přetlakem 350kPa.

#### **EXPANZNÍ ZAŘÍZENÍ**

Tlaková expanzní nádoba Regulus MB 105 l.

### **Topná a tlaková zkouška**

Bude provedena dle ČSN 060310. Před uvedením do provozu bude zařízení propláchnuto a to ještě před napojením kotle.

Zkouška těsnosti topného systému se provádí 1.3 násobným tlakem než je nejvyšší provozní tlak, přetlak musí být minimálně 1 bar.

Systém bude napuštěn upravenou vodou, např. s Pasinem.

## **2.Solární systém**

### **Kolektory**

Kolektory jsou navrženy ve dvou kusech firmy Farkro typ SKW 11 a umístěny na jihozápadní straně viz výkres umístění kolektorů. Jsou zapojeny za sebou.

### **Potrubí**

Je navrženo z měděného potrubí pájeného na tvrdo a opatřeno tepelnou izolací. Musí být vyspádováno tak, aby bylo umožněno odvodu a napuštění systému. Dále pak musí být umožněna dilatace vhodným vedením potrubí.

### **Zabezpečovací zařízení**

#### **POJISTNÉ ZAŘÍZENÍ**

Pojistný ventil Duco Meibes 1/2"x3/4" KD s otevíracím přetlakem 350kPa.

#### **EXPANZNÍ ZAŘÍZENÍ**

Tlaková expanzní nádoba Regulus R8 012 l.



### **Čerpadlo**

Grundfos SOLAR 25-40 musí být umístěno na přívodu k solárním panelům, tak aby se do něj nedostalo médium Solarten Super v nejvyšší možné teplotě.

### **Ohřev TV**

Solární systém bude napojen na spodní vložku v zásobníkovém ohříváči

## **3.Regulace**

### **1) Vytápění**

Zdrojem pro vytápění je kotel Atmos D31P. Je řízen ekvitermní regulací firmy Atmos ACD 01. Potřeba tepla se řídí dle 2 pokojových jednotek SDW 20 (s digitálním displejem, každá v jednom patře pro jednu větev) a dle venkovního čidla AF.

V případě potřeby otopné vody, vydá regulace příkaz pro zapálení kotle a rozběhnutí čerpadla. V době kdy se kotel zapaluje a vyhřívá vodu ve zkráceném kotlovém okruhu (z důvodu nízkoteplotní koroze), si systém bere teplo z 500l akumulární nádoby. Regulace probíhá pomocí změny teploty otopné vody. Je řízená pomocí trojcestných ventilů, na niž jsou namontovány servopohony Belimo HR 230 T.

V době kdy už nebude potřeba topné vody, začne se dohřívat akumulární nádoba a až dolní čidlo KTF 20 zaznamená požadovanou teplotu, zastaví se přísun peletek do hořáku v kotli. Tím dojde k uhašení plamene.

### **2) Teplá voda**

V zimním období bude příprava teplé vody zajištěna pomocí otopné soustavy. V případě že horní čidlo KTF20 na zásobníku teplé vody zaznamená nízkou teplotu, vydá regulace povel kotli, ten začne topit (rozběh a útlum viz vytápění) a rozběhne se o oběhové čerpadlo. Když dolní čidlo zaznamená požadovanou teplotu, systém se vypne.

V letním období bude příprava teplé vody zajištěna primárně pomocí solární soustavy a sekundárně elektrickou vložkou. Když čidlo KVLf zaznamená správnou teplotu na solárním systému, regulace zapne oběhové čerpadlo a začne se nahřívat TV. Solární

systém je navržen tak, aby nevznikaly přebytky tepla i v nejteplejších měsících a tím se nesnižovala životnost systému. Proto je pro případný nedostatek TV, a pro případ poruchy solárního systému navržena i 2,5 kW topná vložka, která případný nedostatek TV zajistí.

#### **4,Požadavky na ostatní profese**

##### **Elektro**

Viz. zdroj tepla, kabeláž regulace, el. v místnosti s kotlem, připojení čerpadel a směšovačů na rozdělovači.

##### **ZTI**

- nálevku pro úkap pojistného ventilu u kotle napojit na kanalizaci, podlahová vpust' v kotelně

##### **Stavba**

Úprava místnosti, úprava komína – vyvložkování na DN 180.

##### **Požadavky na montážní firmu**

Při montáži kotle a odkouření dodržet pokyny instalace výrobce kotle.

## C.14 VÝKRESOVÁ DOKUMENTACE

1. Výkres číslo 1 - Schéma zapojení s TČ voda - vzduch
2. Výkres číslo 2 - Schéma zapojení s automatickým kotlem Atmos
3. Výkres číslo 3 – Půdorys 1NP
4. Výkres číslo 4 – Půdorys 2NP
5. Výkres číslo 5 – Svislé schéma zapojení OT
6. Výkres číslo 6 – Schéma zapojení kotelny a solárního systému
7. Výkres číslo 7 – Elektrické zapojení kotelny a solárního systému
8. Výkres číslo 8 – Umístění solárních panelů na střeše

## ZÁVĚR

V rámci této diplomové práce bylo v zadané historické bodově navrženo vytápění. Jako otopné plochy byly navrženy otopná článkové tělesa typu Viadrus Bohemia osazena Retro termostatickými ventily s termostatickými hlavicemi. Systém je rozdělen na rozdělovači a sběrači do 3 okruhů. Z toho jsou 2 pro vytápění bytů a 1 pro ohřev TV. Dále je TV v létě navržena pomocí jako ohřevu dvěma solárními panely firmy Regulus doplněna o elektrickou vložku. Dle výpočtu by měl solární systém postačovat a elektřina je jen jako pro možnost poruchy.

Jako zdroj tepla byl navržen kotel firmy Atmos typ D31P. Jedná se o plně automatický kotel na peletky. Byl zvolen po přezkoumání kladů a záporů, když byl porovnáván s druhou variantou, která byla tepelné čerpadlo vzduch – voda. Kotel, solární systém a celý ohřev vody je řízen regulací ACD 01 firmy Atmos.

**SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ**

- [1] *Kotle 1. část*. [online]. [cit. 2014-01-08]. 2014 Dostupné z: <http://vytapeni.tzb-info.cz/teorie-vytapeni/8382-kotle-1-cast>
- [2] *Kotelny s kotli na dřevo a pelety* [online]. 2014 [cit. 2014-01-08]. Dostupné z: <http://www.tzb-info.cz/5117-kotelny-s-kotli-na-drevo-a-pelety>
- [3] *Kotle 2. část* [online]. [cit. 2014-01-08]. 2014 Dostupné z: <http://vytapeni.tzb-info.cz/kotle-kamna-krby/8438-kotle-2-cast>
- [4] *Grundfos* [online]. [cit. 2014-01-08]. 2014 Dostupné z: <http://cz.grundfos.com/>
- [5] *Regulus* [online]. [cit. 2014-01-08]. 2014 Dostupné z: [http://www.regulus.cz/?utm\\_source=google&utm\\_medium=cpc&utm\\_content=BrandText&utm\\_campaign=K2-Brand&gclid=CMOMzfDl7rsCFY5b3godkhkAGQ](http://www.regulus.cz/?utm_source=google&utm_medium=cpc&utm_content=BrandText&utm_campaign=K2-Brand&gclid=CMOMzfDl7rsCFY5b3godkhkAGQ)
- [6] *Atmos* [online]. [cit. 2014-01-08]. 2014 Dostupné z: <http://www.atmos.cz/czech/>
- [7] *Meibes* [online]. [cit. 2014-01-08]. 2014 Dostupné z: <http://www.meibes.cz/>
- [8] TREUOVÁ, Ing. Lea. [online]. 2014 [cit. 2014-01-08]. Dostupné z: <http://www.fce.vutbr.cz/TZB/treuova.l>
- [9] VALIŠ, ing Ivan, *Ing. Ivan Vališ* [online]. 2014 [cit. 2012-05-22]. Dostupné z <http://ivan.valisovi.com/>

**SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK, ZNAČEK A SYMBOLŮ**

$\chi_i$	Bodový činitel prostupu tepla	[W/(m <sup>2</sup> .K)]
$\psi_i$	Činitel lineárního prostupu tepla tepelného mostu	[W/(m.K)]
$\alpha_{se}$	Součinitel přestupu tepla na vnější straně	[W/(m <sup>2</sup> .K)]
$\alpha_{si}$	Součinitel přestupu tepla na vnitřní straně	[W/(m <sup>2</sup> .K)]
$A_k$	Plocha ochlazované konstrukce	[m <sup>2</sup> ]
$b_u$	Součinitel redukce teploty	[-]
$c$	Měrná tepelná kapacita vzduchu	
$d$	Tloušťka materiálu	[m]
$d$	Vnitřní profil potrubí	[m]
$e_i$	Stínící součinitel	[-]
$e_k, e_i$	Korekční součinitelé	[-]
$f$	Součinitel přepočtu na jiné provozní teploty	[-]
$f_{g1}$	Opravný součinitel, uvažující vliv roční změny průběhu venkovní teploty	[-]
$f_{g2}$	Opravný součinitel, zahrnující rozdíl mezi roční průměrnou venkovní teplotou a výpočtovou venkovní teplotou	[-]
$f_{ij}$	Součinitel redukce teploty	[-]
$G_w$	Opravný součinitel na vliv spodní vody	[-]
$H_{T,ie}$	Měrná tepelná ztráta z vytápěného prostoru do venkovního prostředí	[W/m]
$H_{T,ij}$	Měrná tepelná ztráta do zeminy	[W/m]
$H_{T,ij}$	Měrná tepelná ztráta do vytápěného prostoru s odlišnou teplotou	[W/m]
$H_{T,iue}$	Měrná tepelná ztráta do nevytápěného prostoru	[W/m]
$H_{V,i}$	Měrná tepelná ztráta větráním	[W/m]

$l$	délka potrubí	[m]
$l_i$	Délka lineárního tepelného mostu	[m]
$n_{50}$	Hodnota intenzity výměny vzduchu při rozdílu tlaku 50Pa	[h <sup>-1</sup> ]
$n_{min}$	Hygienické minimum výměny vzduchu	[h <sup>-1</sup> ]
$Q_T$	Skutečný výkon tělesa	[W, kW]
$Q_{T,skut}$	Výkon tělesa udávaný výrobcem	[W, kW]
$R$	Tepelný odpor konstrukce (vedení)	[m <sup>2</sup> .K/W]
$R$	Měrná tlaková ztráta třením (z tabulek nebo diagramů)	[Pa, kPa]
$R_{se}$	Tepelný odpor při přestupu tepla na vnitřní straně konstrukce (přestup)	[m <sup>2</sup> .K/W]
$R_{si}$	Tepelný odpor při přestupu tepla na vnější straně konstrukce (přestup)	[m <sup>2</sup> .K/W]
$R_{tot}$	Celkový tepelný odpor stěny	[m <sup>2</sup> .K/W]
$U_{equie,k}$	Ekvivalentní součinitel přestupu tepla konstrukce v kontaktu se zeminou	[W/(m <sup>2</sup> .K)]
$U_k$	Součinitel přestupu tepla	[W/(m <sup>2</sup> .K)]
$V_{inf,i}$	Množství vzduchu z infiltrace pláštěm budovy	[m <sup>3</sup> /h]
$V_m$	Objem místnosti	[m <sup>3</sup> ]
$V_{min,i}$	Nejmenší požadované množství vzduchu z hygienických důvodů	[m <sup>3</sup> /h]
$w$	rychlost proudící vody v potrubí	[m/s]
$z_1$	Součinitel zahrnující zákryt a umístění tělesa	[-]
$z_2$	Součinitel na počet článků (délku tělesa)	[-]
$z_3$	Součinitel na umístění tělesa v místnosti	[-]
$\Delta p$	Celková tlaková ztráta v úseku	[Pa, kPa]
$\Delta p_\xi$	Tlaková ztráta místními odpory	[Pa, kPa]

$\Delta p_{\lambda}$	Tlaková ztráta třením	[Pa, kPa]
$\varepsilon_i$	Korekční součinitel na výšku od úrovně terénu	[-]
$\theta_e$	Nejnepříznivější (návrhová) teplota exteriéru	[°C]
$\theta_{int,i}$	Výpočtová (návrhová) teplota interiéru	[°C]
$\theta_j$	Teplota vytápěného prostoru s odlišnou teplotou	[°C]
$\theta_{m,e}$	Průměrná roční výpočtová teplota	[°C]
$\theta_u$	Teplota nevytápěného prostoru	[°C]
$\lambda$	Součinitel tepelné vodivosti materiálu	[W/(m.K)]
$\lambda$	Součinitel tření, závislý na Re a na poměrné drsnosti	[-]
$\xi$	Součinitel místního odporu	[-]
$\rho$	Hustota vzduchu	[kg/m <sup>3</sup> ]
$\rho$	hustota vody	[kg/m <sup>3</sup> ]
$\varphi$	Součinitel zahrnující způsob připojení těles	[-]
$\Phi_i$	Celková tepelná ztráta	[W, kW]
$\Phi_{T,i}$	Tepelná ztráta větráním	[W, kW]
$\Phi_{T,i}$	Tepelná ztráta prostupem	[W, kW]

**Zkratky:**

TZB – Technické zařízení budov

ÚT – Ústřední topení

VZT – Vzduchotechnika

ZP – Způsob provozu

ZTI – Zdravotně-technické instalace